

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

DANUBIA DE LIMA GROTTA

*Materiais e Técnicas Contemporâneas para Controle de
Ruído Aéreo em Edifícios de Escritórios: Subsídios para
Especificações*

v.1

São Carlos
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

DANUBIA DE LIMA GROTTA

Materiais e Técnicas Contemporâneas para Controle
de Ruído Aéreo em Edifícios de Escritórios:
Subsídios para Especificações

Dissertação apresentada à Escola
de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de mestre em
Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração:
Arquitetura, Urbanismo e
Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Assoc. Rosana
Maria Caram

v.1

São Carlos
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

L732m

Grotta, Danubia de Lima

Materiais e técnicas contemporâneas para controle de ruído aéreo em edifícios de escritórios : subsídios para especificações / Danubia de Lima Grotta ; orientador Rosana Maria Caram. -- São Carlos, 2009.

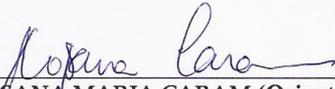
Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e em Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

1. Conforto acústico. 2. Controle de ruídos aéreos. 3. Edifícios de escritórios. 4. Espaços corporativos. 5. Absorção sonora. 6. Atenuação sonora. 7. Índices de classificação sonora. 8. Materiais para tratamento acústico. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Arquiteta e Urbanista **DANUBIA DE LIMA GROTTA**

Dissertação defendida e julgada em 24/03/2009 perante a Comissão Julgadora:



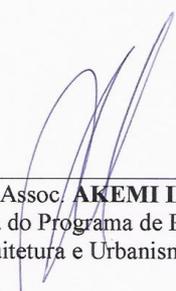
Profª. Associada **ROSANA MARIA CARAM (Orientadora)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovada



Prof. Titular **EDUVALDO PAULO SICHIERI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO



Profª. Drª. **RENATA FACFIN**
(Centro Universitário Dr. Edmundo Ulson - UNAR) Aprovado.



Profª. Assoc. **AKEMI INO**
Vice - Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo



Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

EESC
Serviço de Pós-Graduação
Protocolo nº 123.456
2009

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Valdemar e Gilda, e ao meu irmão Denis,
que jamais pouparam esforços para minha educação.*

Ao meu esposo Alexandre pelo incentivo, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**.

A **Prof^a. Assoc. Rosana M. Caram**, pela dedicação, compreensão, amizade, paciência e contribuição intelectual e científica.

Ao **Prof^o. Dr^o. Eduvaldo P. Sichieri** e **Prof^a. Dr^a. Renata Facin**, membros da banca examinadora, pelas importantes contribuições.

Ao **Prof^o. Dr^o. Márcio Minto Fabrício** que me proporcionou outras áreas de conhecimento, contribuindo com meu acervo científico.

À **Escola de Engenharia de São Carlos**, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, em especial a **Marcelo Celestini, Geraldo Donizetti Pereira, Fatima Maria N. L. L. Mininel** e **Paulo Ceneviva**, pela atenção e presteza.

Ao arquiteto **Márcio Grahl Junior**, por fornecer informações essenciais para o início desta pesquisa.

A todos que direta, ou indiretamente, contribuíram para este trabalho.

RESUMO

GROTTA, Danubia de Lima. **Materiais e Técnicas Contemporâneas para Controle de Ruído Aéreo em Edifícios de Escritórios: Subsídios para Especificações.** 2009. 211f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

A malha urbana das grandes cidades tem sido ocupada, principalmente nos grandes centros, por vários edifícios corporativos, localizados em pólos administrativos onde os ruídos urbanos são constantes. Além dos ruídos externos a que o edifício fica exposto, existem também os ruídos internos, ambos impactando no conforto e produtividade de seus ocupantes, trazendo problemas para a empresa.

Tendo a situação brevemente descrita acima como preocupante, este trabalho tem por objetivo geral, investigar quais materiais industrializados para tratamento acústico e quais técnicas são utilizadas, para redução e controle, da propagação de ruídos aéreos em edifícios de escritórios, nos últimos dez anos. Incluem-se assim o estudo e apresentação das características técnicas para especificação de forros acústicos, barreiras acústicas, tratamento de paredes, pisos, layout e mobiliário, vidros acústicos, tratamento dos ruídos gerados pelo ar condicionado e mascaramento sonoro.

O objetivo específico neste trabalho é analisar os materiais utilizados para tratamento acústico, baseado nos índices de classificação acústica, seja este de absorção ou isolamento, com relação ao desempenho do material. São eles: NRC (Índice de Redução Sonora), α (Coeficiente de Absorção), α_w (Coeficiente de Absorção Sonora Ponderado) R_w (Índice de Redução Acústica) e STC (Classe de Transmissão Sonora).

Esta pesquisa tem como resultado a centralização de dados técnicos referente à utilização de materiais acústicos para controle de ruídos aéreos em edifícios de

escritórios; a análise das classificações e desempenhos e a avaliação da disponibilização de informações técnicas nos catálogos brasileiros de produtos. Tal resultado oferecerá uma base de consulta para obtenção de critérios durante a especificação e elaboração de projetos de espaços corporativos.

O trabalho conclui apontando observações da autora, referentes à utilização dos materiais e técnicas e a necessidade de criação e produção de um maior portfólio de produtos.

Palavras chave: 1. Conforto acústico das construções. 2. Ruídos aéreos – Controle 3. Edifícios de escritórios. 4. Espaços corporativos. 5. Absorção do som. 6. Atenuação sonora. 7. Índices de Classificação Sonora. 8. Materiais para tratamento acústico.

ABSTRACT

GROTTA, Danubia de Lima. **Contemporaneous materials and techniques to air noise control on corporate edifices: Specification Foundations**. 2009. 211f. Master Dissertation – Engineering School of São Carlos, USP – University of São Paulo, São Carlos, Brazil, 2009.

Big cities have been taken the ground thought freeways and avenues, where constant and loud noise takes place. At these ways, corporate edifices are also often established, so they naturally become exposed to the external noise interference, regardless the own internal facilities noising. The consequence is that people how work at these places are more prone to be less productive, turning it into a drawback to the Corporate.

The scenario described above is very concerning. This general research objective is to study techniques and industrialized material in order to reduce and control the noise propagation thought the air on for corporate facilities, focused at the last ten years time frame. It will focus on study and present the technical characteristics for acoustic absorption and/or isolation of roof lining, acoustic barriers, walls, floor, office layout, furniture, glasses, air-conditioner, and sound masking techniques.

The specific research objective is to analyze the materials for acoustic handling, based on acoustic classification indexes that relate to the material performance, for absorption and isolation, as listed: NRC (Noise Reduction Coefficient), α (Sound Absorption Coefficient), α_w (Pounder Sound Absorption Coefficient), R_w (Noise Reduction Index) and STC (Sound Transmission Class).

The objective of this research is to be a single point of reference for technical data regarding the utilization of materials that can be used to control the sound propagation thought the air on corporate edifices; the classification of analysis and performance as

well as the evaluation of technical information available on Brazilian product catalogs. The research result offers a baseline for those who look for criteria during the specification and implementation of corporative spaces.

The conclusion of this work is done with the Author's considerations regarding the utilization of materials and techniques, as well the necessity of creation and production of wider product portfolio.

Keywords: 1. Acoustic comfort on edifies. 2. Air noise – Control. 3. Corporate Edifices / Facilities. 4. Corporate Spaces. 5. Sound absorption. 6. Sound attenuation. 7. Sound classification indexes. 8. Materials for acoustic treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – METODOLOGIA UTILIZADA - ITENS E CRITÉRIOS ESPECÍFICOS ABORDADOS NESTA PESQUISA	23
FIGURA 2 – REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE SÃO PAULO – ARREDORES DA SÉ / SP	31
FIGURA 3 – VISTA AÉREA DA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE SÃO PAULO / SP.....	31
FIGURA 4 – VALE DO ANHANGABAÚ - EDIFÍCIOS DO CENTRO DA CIDADE, NA DÉCADA DE 1950	32
FIGURA 5 – VISTA AÉREA DA AV. PAULISTA E REGIÃO/ SP.....	32
FIGURA 6 – VISTA AÉREA DA REGIÃO DA AV. ENGENHEIRO LUÍS CARLOS BERRINI / SP.....	34
FIGURA 7 – VISTA DA REGIÃO DA AV. ENGENHEIRO LUÍS CARLOS BERRINI/ SP.....	34
FIGURA 8 – LARKIN BUILDING – FRANK L. WRIGHT / 1904.....	38
FIGURA 9 – TOSHIBA HEADQUARTERS, EM TOKYO, JAPÃO E ARK MORI HILLS COMPLEX - TOKYO – JAPÃO, RESPECTIVAMENTE.....	41
FIGURA 10 – Edifício Citicorp/Citibank.....	43
FIGURA 11 – CENTRO EMPRESARIAL NAÇÕES.....	44
FIGURA 12 – EDIFÍCIO WORLD TRADE CENTER	44
FIGURA 13 – THE TAJ OFFICE TOWER	45
FIGURA 14 – PLANTA TIPO DO THE TAJ OFFICE TOWER	45
FIGURA 15 – ÇIRAGAN	45
FIGURA 16 – PLANTA TIPO DE UMA DAS OPÇÕES EXISTENTES	45
FIGURA 17 – PROBLEMAS ACÚSTICOS.....	49
FIGURA 18– OS FENÔMENOS ACÚSTICOS NOS RECINTOS.....	49
FIGURA 19 – IMAGEM DE ARGILA, PERLITA E AREIA, RESPECTIVAMENTE.....	79
FIGURA 20 – DIVERSAS OPÇÕES DE ACABAMENTO: MICROPERFURADA COM TEXTURA, MICROPERFURADA E FISSURADA.....	80
FIGURA 21 – PLACAS COM DIMENSÕES DE 625 x 625 MM E 1250 x 625 MM.....	81
FIGURA 22– PLACAS COM DIMENSÕES DE 300 x 1800 MM.....	81
FIGURA 23 – SISTEMAS DE APOIO DAS PLACAS NOS PERFIS.....	87
FIGURA 24 – SISTEMAS DE FIXAÇÃO DAS PLACAS NOS PERFIS COM BORDA DO SISTEMA TEGULAR.....	88
FIGURA 25 – SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DE FORROS COM INSTALAÇÃO DE LUMINÁRIAS, SPRINKLERS E DIFUSORES DE AR.....	89
FIGURA 26 – PLACAS DE LÃ DE VIDRO COM VÉU DE VIDRO PLUS E HIGH RESPECTIVAMENTE.....	90
FIGURA 27 – FORRO TECHSTYLE DA HUNTERDOUGLAS	94
FIGURA 28 – PAINEL ÁUDIO SYSTEM®	97
FIGURA 29 – PAINEL BEAMEX SYSTEM®	97
FIGURA 30 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA O FOGO EM CONJUNTO COM A ESTRUTURA	98
FIGURA 31 – CLASSIFICAÇÃO DA DIVISÓRIA DE ACORDO COM A ALTURA - H1 :BAIXA, H2:MÉDIA, H3:ALTA E H4: EXTRA-ALTA E POSSIBILIDADES DE VISUALIZAÇÃO DO ESPAÇO	101
FIGURA 32 – EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DE DIVISÓRIAS TIPO PAINEL PRÓXIMOS ÀS ESTAÇÕES DE TRABALHO	104

FIGURA 33 – CAMINHOS DE PROPAGAÇÃO SONORA ENTRE ESTAÇÕES DE TRABALHO E ENTRE AMBIENTES ADJACENTES	105
FIGURA 34 – UTILIZAÇÃO DE VIDROS PARA AUMENTAR A ALTURA DA DIVISÓRIA	108
FIGURA 35 – BARREIRAS PRÓXIMAS AO ORADOR OCASIONA UM ÂNGULO MAIOR PARA ALCANÇAR O OUVINTE DO LADO OPOSTO	108
FIGURA 36 – ALTURAS DOS BIOMBOS E RESPECTIVOS CAMINHOS PERCORRIDOS PELO SOM	109
FIGURA 37 – ESTAÇÕES DE TRABALHO COM MAIORES DISTÂNCIAS UMAS DAS OUTRAS	109
FIGURA 38 – DIVISÓRIAS DESMONTÁVEIS COM DIFERENTES OPÇÕES DE ACABAMENTO	113
FIGURA 39 – SISTEMA DE VEDAÇÃO PARA DIVISÓRIAS FIXAS	116
FIGURA 40 – SISTEMA DE FIXAÇÃO PARA DIVISÓRIAS REMOVÍVEIS.....	117
FIGURA 41 – ESQUEMA DE UTILIZAÇÃO DO VIDRO DUPLO EM DIVISÓRIAS DO TIPO PISO-TETO.....	119
FIGURA 42 – VISUALIZAÇÃO DA SÉRIE CLEAN LIGHT E CANVAS LINE.....	120
FIGURA 43 – DIVISÓRIA NAVAL	121
FIGURA 44 – ESQUEMA DE MONTAGEM DE PAREDE DE DRYWALL COM MATERIAL ISOLANTE	122
FIGURA 45 – PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO DE CABEAMENTO	122
FIGURA 46 – RECOMENDAÇÕES SEGUNDO LOSSO	125
FIGURA 47 – ESTRUTURA METÁLICA COM DOIS PAINÉIS DE UM LADO E TRES PAINÉIS DO OUTRO E MAIS O SISTEMA DE TRAVESSA ANTIVIBRATÓRIA.....	126
FIGURA 48 - ESQUEMA DE UTILIZAÇÃO DE LÃ DE VIDRO DENTRO DA DIVISÓRIA DE GESSO E VISUALIZAÇÃO DE LÃ DE VIDRO EM PAINÉIS, RESPECTIVAMENTE.....	126
FIGURA 49. UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PARA VEDAÇÃO DE PAREDES DIVISÓRIAS EM CONTATO COM A LAJE-PISO	127
FIGURA 50. SITUAÇÕES DE TRANSMISSÃO SONORA ENCONTRADAS NA PRÁTICA	128
FIGURA 51. RECOMENDAÇÕES DE UTILIZAÇÃO DOS PAINÉIS ABSORVEDORES ACÚSTICOS QUANDO NÃO UTILIZADOS EM TODA A PAREDE.....	130
FIGURA 52 - ESQUEMA DE APLICAÇÃO E EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO PARCIAL DO SONARE A 0.60M ACIMA DO PISO COM ACABAMENTO EM TÁBUA CORRIDA	130
FIGURA 53. APLICAÇÃO DE CARPETES SOBRE PISOS ELEVADOS	135
FIGURA 54. MODULO DE PISO ELEVADO COM SISTEMA TASK AIR	136
FIGURA 55. SISTEMA DE APLICAÇÃO DE PVB NOS VIDROS	145
FIGURA 56 – FALTA DE PRIVACIDADE NA UTILIZAÇÃO DE UM MESMO DUTO PARA SALAS COM PRIVACIDADES DIFERENTES	150
FIGURA 57 – VISUALIZAÇÃO DO FELTRO E DA PLACA EM LÃ DE VIDRO E SISTEMA DE FIXAÇÃO MECÂNICA RESPECTIVAMENTE	151
FIGURA 58 – EMISSORES INSTALADOS SOB O FORRO ACÚSTICO DETALHE E VISTA GERAL	154
FIGURA 59 – PAINEL ÁUDIO SYSTEM® INTEGRADO AO FORRO MINERAL	158
FIGURA 60 – DETALHE DO PAINEL ÁUDIO SYSTEM® E DETALHE DA MOLA OSCILANTE	159
FIGURA 61 – SISTEMA TRADICIONAL E SISTEMA AUDIO SYSTEM DA AMF	159
FIGURA 62 – DISTÂNCIAS MÁXIMAS RECOMENDÁVEIS PARA UTILIZAÇÃO DO ÁUDIO SYSTEM	160

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. EVOLUÇÃO DO ESTOQUE ÚTIL DE ESCRITÓRIOS EM METROS QUADRADOS NOS PRINCIPAIS CENTROS DE NEGÓCIOS EM SÃO PAULO	29
GRÁFICO 2. RESULTADOS DE CONSULTA DE PERCEPÇÃO DE RELEVÂNCIA DE ITENS A COMPOR O MÓDULO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS NO BRASIL	55
GRÁFICO 3. TEMPOS ÓTIMOS DE REVERBERAÇÃO	64
GRÁFICO 4 - MATERIAIS CONSIDERADOS COM BOM DESEMPENHO ACÚSTICO DE ACORDO COM O PÚBLICO LEIGO	70
GRÁFICO 5 - MATERIAIS CONSIDERADOS COM BOM DESEMPENHO ACÚSTICO DE ACORDO COM O GRUPO DA ÁREA DE ARQUITETURA	70
GRÁFICO 06. DESEMPENHO DO FORRO THERMATEX THERMOFOND E THERMATEX ALPHA	92
GRÁFICO 07. DESEMPENHO DO FORRO TECHSTYLE DA HUNTERDOUGLAS	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO ACÚSTICA EM AMBIENTES DE ESCRITÓRIO	51
TABELA 2- INTERVALOS APROPRIADOS PARA O NÍVEL DE RUÍDO AMBIENTE, EM DB(A), NUM RECINTO DE EDIFICAÇÃO, CONFORME A FINALIDADE MAIS CARACTERÍSTICA DE UTILIZAÇÃO DESSE RECINTO	57
TABELA 3 - VALORES DE NIC (NÍVEL DE CONVERSAÇÃO)	58
TABELA 4 - NÍVEIS DE INTENSIDADE DA VOZ (TRADUZIDA PELA AUTORA)	60
TABELA 5 - FILTRO (A) DE PONDERAÇÃO PARA TRANSFORMAR DB EM DB (A)	61
TABELA 6 – LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO E INTERMITENTE	62
TABELA 7 - COEFICIENTES E ÍNDICES DE CLASSIFICAÇÃO	68
TABELA 8 - COEFICIENTES DE ABSORÇÃO SONORA DE ALGUNS MATERIAIS PRESENTES NAS EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIOS	72
TABELA 9 - DESEMPENHO ACÚSTICO DO FORRO PRISMA	91
TABELA 10 - INFORMAÇÕES PARA ESPECIFICAÇÃO DO FORRO ULTIMA VECTOR®	92
TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO DAS DIVISÓRIAS DO TIPO PAINEL (BIOMBOS)	101
TABELA 12 - CONDIÇÕES DE PRIVACIDADE DAS DIVISÓRIAS	114
TABELA 13 – VALORES DOS TESTES OBTIDOS DE REDUÇÃO SONORA	115
TABELA 14 – RESULTADOS DE UTILIZAÇÃO DE DIVISÓRIAS APLICANDO A LEI DA MASSA.	124
TABELA 15 – SONARE: ABSORÇÃO SONORA EM DIFERENTES FREQUÊNCIAS	131
TABELA 16 – RESUMO DA CLASSIFICAÇÃO DOS VIDROS, SEGUNDO NBR NM 293:2004.....	140
TABELA 17 – ÍNDICE DE REDUÇÃO ACÚSTICA (Rw) DE VIDROS PLANOS COMUNS	141
TABELA 18 – ÍNDICE DE REDUÇÃO ACÚSTICA DE VIDROS DUPLOS COM CÂMARA DE AR (Rw).....	147
TABELA 19 - CARACTERÍSTICA DO FLEXLINER, DA ISOVER	151
TABELA 20 - COEFICIENTE DE ABSORÇÃO SONORA	152

SUMÁRIO

I CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	16
1.2 INTRODUÇÃO	17
1.3 JUSTIFICATIVA	19
1.4 OBJETIVOS	20
1.5 METODOLOGIA	21
2. OCUPAÇÃO TERRITORIAL E EVOLUÇÃO ESPACIAL X RUÍDOS AÉREOS	24
2.1 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS E ESPAÇOS CORPORATIVOS: CONCEITUAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	25
2.2 RUÍDOS AÉREOS: CONCEITUAÇÃO	26
2.3 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS E SUAS CARÊNCIAS	27
2.4 CENTROS EMPRESARIAIS: LOCALIZAÇÃO E ANÁLISE DO RUÍDO EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS NA CIDADE DE SÃO PAULO	30
2.5 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS: EVOLUÇÕES DE TIPOLOGIAS	35
3 - ACÚSTICA E EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS	46
3.1 CARACTERIZAÇÕES DO OBJETO A SER ESTUDADO	47
3.2 LEVANTAMENTOS DOS RUÍDOS LOCAIS	47
3.3 CONHECIMENTOS DAS CONDIÇÕES ACÚSTICAS INTERNAS EXISTENTES	48
3.4 DESEMPENHO E NORMATIZAÇÃO PARA ACÚSTICA EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS	53
3.5 TEMPO DE REVERBERAÇÃO (T)	63
3.6 COEFICIENTES DE CLASSIFICAÇÃO DA ABSORÇÃO E ISOLAMENTO	66
3.7 ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS E MATERIAIS	68
4. TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE RUÍDO AÉREO EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS	74
4.1 FORROS ACÚSTICOS	76
4.2 BARREIRAS ACÚSTICAS	98
4.2.1 BARREIRAS ACÚSTICAS: DIVISÓRIAS TIPO PAINEL (BIOMBOS)	103

4.1.2 BARREIRAS ACÚSTICAS: DIVISÓRIAS PISO - TETO	111
4.1.3. DIVISÓRIAS DE GESSO	122
4.3. TRATAMENTO DE PAREDES.....	128
4.4 PISOS	133
4.5 LAYOUT E MOBILIÁRIO	137
4.6 VIDROS ACÚSTICOS	139
4.7 TRATAMENTO DOS RUÍDOS GERADOS PELO AR CONDICIONADO	148
4.8 MASCARAMENTO SONORO	153
5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	161
5.1 FORROS MINERAIS	163
5.2 BARREIRAS ACÚSTICAS.....	168
5.3 TRATAMENTO DE PAREDES.....	172
5.4 PISOS	174
5.5 LAYOUT E MOBILIÁRIO	176
5.6 VIDROS ACÚSTICOS	177
5.7 TRATAMENTO DOS RUÍDOS GERADOS PELO AR CONDICIONADO	179
5.8 RUÍDOS DE MASCARAMENTO	181
5.9 CONSIDERAÇÕES: NRC X α_w	183
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	184
6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	185
6.2 CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS	186
6.3 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	191
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	192
8- APÊNDICE.....	202

I CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA



1.2 INTRODUÇÃO

São inúmeras as atividades ruidosas, interna e externa, em que os edifícios de escritórios estão submetidos. São ruídos provenientes da concentração urbana, e aqueles provindos da fala humana, do simples caminhar, dos equipamentos eletrônicos, do ar condicionado, outros.

Vários estudos científicos relatam que, o excesso de ruído causa desconforto e problemas à saúde humana e conseqüentemente, gera a diminuição da competitividade e produtividade dos funcionários de uma empresa.

Os edifícios de escritórios precisam desta maneira, atender às necessidades dos usuários nas condições do conforto sonoro. Para isto, bons projetos precisam ser elaborados e executados corretamente, através do conhecimento das propriedades técnicas dos materiais para tratamento acústico e soluções técnicas utilizadas, visando uma correta especificação.

Com base nestas observações, este trabalho está direcionado à investigação destes materiais e técnicas, utilizadas na última década, para controle do ruído aéreo. Caracteriza-se assim o estudo de forros minerais, divisórias, paredes com tratamento, pisos especiais, acabamento do mobiliário, vidros adequados; e de soluções técnicas, no tratamento dos ruídos do ar condicionado, mascaramento sonoro e disposição do mobiliário.

Além disso, as informações relativas acima, nem sempre são divulgadas de modo completo nos catálogos e manuais, e se encontram de maneira dispersa e isolada, dificultando o conhecimento dos materiais disponíveis e suas propriedades.

Este desconhecimento dificulta inclusive, a análise de um material, em relação aos índices de absorção e isolamento, denominados NRC, α , α_w , R_w e STC, índices importantes de serem utilizados como critérios de escolha de um material para tratamento acústico.

Coeficientes e índices de classificação

NRC	Coeficiente de absorção sonora	Padrão norte-americano *
α_w	Coeficiente de absorção sonora ponderado	Padrão europeu *
STC	Índice de isolamento acústico	Padrão norte-americano
R_w	Índice de isolamento acústico ponderado	Padrão europeu
CAC	Índice de isolamento de forro	Padrão norte-americano
D_{n,c,w}	Índice de isolamento de forro ponderado (varia de 27 dB a 42 dB**)	Padrão europeu

* Padrões utilizados no Brasil.

** Complementado pela autora.

Este trabalho irá, assim, documentar e centralizar estas informações; analisar os índices de classificação como critério de desempenho e avaliar o modo com que os dados técnicos, estão disponíveis nos catálogos e produtos, visando proporcionar subsídios aos profissionais da construção civil, na obtenção de critérios, para a garantia do conforto acústico nos espaços corporativos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Adequados projetos arquitetônicos e execuções rigorosas necessitam ser realizadas, para garantir que os espaços corporativos, apresentem condições satisfatórias de conforto acústico para obtenção de melhores desempenhos.

É assim de extrema importância, que os profissionais da construção civil, conheçam as características técnicas e devidas classificações que os materiais industrializados para tratamento acústico apresentam. As soluções técnicas empregadas, para redução e controle do ruído aéreo em edifícios de escritórios, também são importantes serem conhecidas.

O conhecimento das classificações acústicas a serem utilizadas durante a especificação (NRC, α , α_w , R_w e STC), analisadas neste trabalho, visa contribuir para que os índices referentes a cada material sejam adequadamente consultados, de modo a ser um critério de escolha para cada produto.

Conhecer os materiais e as técnicas utilizadas, para tratamento acústico, é garantir projetos apropriados, objetivando melhores desempenhos e conseqüentemente melhores benefícios, pois grandes são os investimentos financeiros realizados ao se construir um edifício, e este deve responder adequadamente às condições de conforto de seus ocupantes.

I .4 OBJETIVOS

A pesquisa tem por objetivo geral, investigar quais materiais industrializados para tratamento acústico, e quais soluções técnicas, estão sendo utilizados nos últimos dez anos, para redução e controle, da propagação de ruídos aéreos, gerados internamente nos edifícios de escritórios e aqueles provindos do exterior. Este conhecimento irá fornecer subsídios para especificação e elaboração de projetos.

O trabalho tem como objetivo específico, avaliar os índices de classificação acústica (NRC, α , α_w , R_w , STC), sejam estes de absorção ou isolamento, com relação ao desempenho de cada material, como critério de escolha adequada do material a ser utilizado para tratamento acústico.

São também analisados a disponibilização de informações técnicas, nos catálogos e manuais de produtos comercializados no Brasil, fornecidos pelos fabricantes.

1.5 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica pertinente, entrevistas com representantes e fornecedores de materiais para tratamento acústico e com arquitetos e engenheiros responsáveis pelas especificações e consultorias. Também houve a participação da autora em seminários científicos relacionados ao tema, para acompanhamento das questões atuais, sendo de grande valia para o desenvolvimento desta pesquisa.

Para alcançar os objetivos específicos, aprofundaram-se no conhecimento da utilização dos seguintes índices de classificações: NRC (Índice de Redução Sonora), α (Coeficiente de Absorção), α_w (Coeficiente de Absorção Sonora Ponderado) R_w (Índice de Redução Acústica) e STC (Classe de Transmissão Sonora), encontrados nos manuais, catálogos e demais fontes.

O NRC, o α e α_w são índices de classificação adotados para caracterizar a capacidade do material em absorver os sons. O STC e R_w são índices de classificação relativos à capacidade do material em isolar o som.

Estes índices são importantes porque classificam a capacidade de absorção ou isolamento do material e devem ser considerados para especificar materiais que atendem às necessidades acústicas dos ambientes. Para cada material são adotados índices diferentes.

Com base no conhecimento destes índices, foi possível analisar a capacidade de absorção ou isolamento do material, em atender aos valores recomendáveis por norma, ou seja, se os índices apresentados situam-se dentro de uma faixa de valores aceitáveis, que garantem que o material irá cumprir com o desempenho acústico requerido para o conforto sonoro.

Com todos estes levantamentos, também foi possível avaliar a maneira com que as informações técnicas estão disponíveis nos catálogos e manuais de produtos

comercializados no Brasil, ou seja, se os dados são encontrados de forma clara, e se existem informações necessárias para a escolha correta do material.

Para melhor compreensão e visualização dos itens de abrangência desta dissertação, o diagrama seguinte (Fig. 01), caracteriza os critérios específicos que foram abordados.

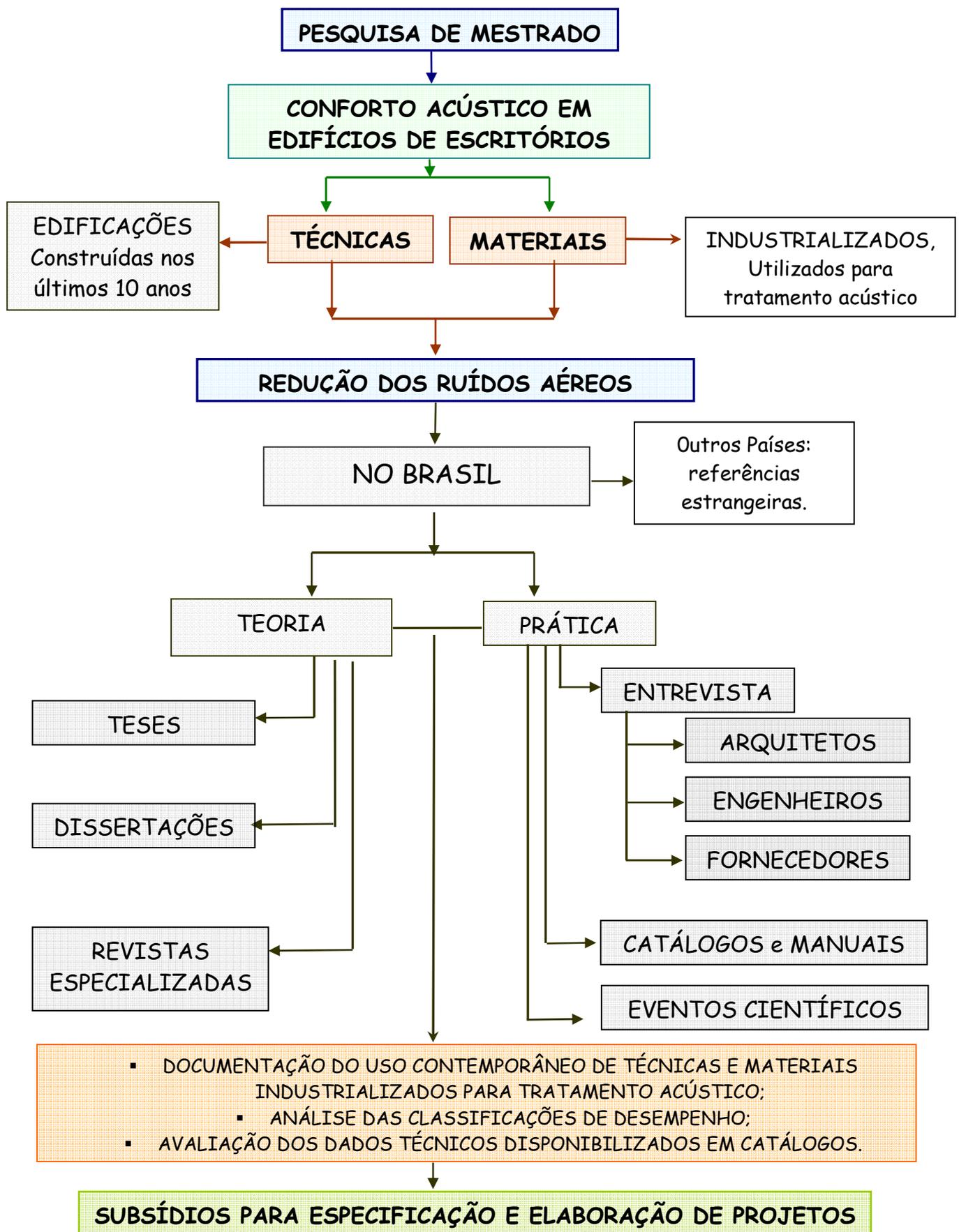


Figura 1. Metodologia utilizada - Itens e Critérios específicos abordados nesta pesquisa

2. OCUPAÇÃO TERRITORIAL E EVOLUÇÃO ESPACIAL X RUÍDOS AÉREOS



Apresenta-se neste capítulo uma revisão da literatura sobre pesquisas relacionadas aos edifícios de escritórios, abrangendo os aspectos históricos de ocupação e organização, tipologias de ocupações internas existentes, estudos relacionados à questão do desempenho acústico dos materiais e as técnicas utilizadas, com referências aos principais trabalhos publicados relacionados ao assunto.

Com isto será possível obter o conhecimento geral da maneira de como um ambiente corporativo é organizado, assim como também a adensamento na malha urbana podem impactar nas condições acústicas internas existentes, relacionando a estes, o uso de técnicas e materiais, para obter conforto sonoro nestas edificações.

2.1 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS E ESPAÇOS CORPORATIVOS: CONCEITUAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Segundo Santos (2006, p.33), “os edifícios de escritórios são conceituados como ambientes adequados ao desenvolvimento de negócios e de tarefas realizadas por seus ocupantes, além de tudo aquilo que é parte integrante do programa de necessidades desta edificação”.

São caracterizados como ambientes¹ por ser aquilo que envolve as pessoas dentro de todos os espaços nele existentes, os espaços² são constituídos por salas de reuniões, salas de áudio e vídeo, espaços múltiplos, elevadores, copas, sanitários, dependências para lazer, etc.

Nestes espaços são desenvolvidas as diversas atividades terciárias existentes como atividades financeiras, de marketing, administrativas, de desenvolvimento e operação, de comércio e de serviços.

¹ *Ambiente*: Que cerca ou envolve os seres vivos ou as coisas. Aquilo que cerca ou envolve os seres vivos e/ou coisas. Segundo definições do dicionário Aurélio

² *Espaço*: Distância entre dois pontos, ou a área ou o volume entre limites determinados. Lugar mais ou menos bem delimitado, cuja área pode conter alguma coisa. Segundo definições do dicionário Aurélio

O desenvolvimento destas atividades dentro do ambiente de um edifício de escritório caracteriza os espaços corporativos e assim é possível entender as terminologias encontradas nas pesquisas e que estarão presentes neste trabalho.

Existem fornecedores que afirmam que os espaços corporativos são lugares onde o homem e trabalho unificam-se para a satisfação das necessidades do mercado, e mais que isso, é também um local onde os seres humanos passam a maior parte do tempo ativo de suas vidas, recebendo todos os estímulos positivos indiretos em sua saúde e estima.

Sendo assim, é necessário que tais edifícios “acompanhem as evoluções tecnológicas, de materiais construtivos, de conceitos arquitetônicos e de estruturas organizacionais do trabalho, bem como os movimentos dos centros de negócios dentro da malha urbana” (VERONEZI, 2004, p.05) para assim poder atender e responder às necessidades precisas para realização de todas as tarefas que podem ser desenvolvidas neste espaço, objetivando melhores desempenhos e conseqüente aumento competitivo e lucro.

2.2 RUÍDOS AÉREOS: CONCEITUAÇÃO

Silva (2002, p 41.), afirma que Ruído “é uma mistura de tons cujas frequências diferem entre si por um valor inferior à discriminação do ouvido.”

Os sons classificam-se, segundo a sua origem, em ruídos aéreos e ruídos de impacto.

Segundo o mesmo autor, os ruídos aéreos “são aqueles produzidos dentro da massa de ar do ambiente e que se transmitem, integralmente, através desse meio elástico, até os nossos ouvidos.”

Para conhecimento da diferenciação de ruídos aéreos e de impacto, Silva (2002, p.93) conceitua os ruídos de impactos como sendo aqueles que “são produzidos pelo choque de elementos sólidos ou líquidos transmitindo-se através de elementos também sólidos ou

líquidos e, às vezes, parcialmente, pelo ar, até o nosso corpo, sendo percebido sob forma de vibração ou de sensação sonora.”

É importante lembrar que “a quantidade de pessoas, quantidade e tipos de equipamentos, emprego dos materiais de acabamento, configuração das estações de trabalho e do *layout*, em si, podem contribuir ou impactar na qualidade térmica, visual e acústica dos ambientes” Ornstein et al (2001) e conseqüentemente, na produção do ruído aéreo produzido dentro de um espaço.

Silva (2002, p.93) ainda afirma que: “a maneira de combater um som gerado no ar difere inteiramente dos métodos usados para combater os sons de impacto” e é por isto que este trabalho tem como foco apenas a redução de ruídos aéreos, objetivando melhores conhecimentos.

2.3 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS E SUAS CARÊNCIAS

Atualmente e durante muitos anos, a crescente demanda por espaço de escritórios tem aumentado, configurando um importante seguimento do mercado imobiliário no Brasil, em especial na cidade de São Paulo e Rio de Janeiro, segundo dados da Revista dos Negócios da Construção, de abril de 2007.

Estes espaços são muito requisitados por:

- Serem totalmente equipados: mobiliários, cabeamentos, arquivos;
- Disponibilização de funcionários: atendimento de qualidade;
- Dispor de serviços com altas tecnologias: acesso à internet (com possibilidade de utilização de *Voip*), rede de área local (LAN), linhas telefônicas e equipamentos digitais (computadores, *notebooks*, fotocópias, impressões, *faxes*), *firewall*, segurança gerenciada por equipamentos;

- Formar um espaço profissional: edifícios inteligentes³ em endereços de prestígios, elegantes e amplas salas de recepção, salas de reunião configuradas para as mais diversas necessidades (salas de reunião, treinamento, entrevistas, apresentações, videoconferências), *cybercafé*, ambiente climatizado, segurança 24 horas, acessibilidade, serviços gerais, limpeza geral disponível e facilidade de manutenção.

2.3.1 EXEMPLIFICAÇÃO:

Ainda segundo dados da Revista dos Negócios da Construção, de abril de 2007, o mercado de escritórios, em especial os de alto padrão, classificados como padrão AA e A⁴, cujos critérios classificam os edifícios brasileiros de escritórios de acordo com o estado de determinados atributos, registrou em 2006 o 3º período consecutivo de bons resultados, com crescimento de 10% na cidade do Rio de Janeiro e 11% na cidade de São Paulo, com previsão de recorde de novo estoque.

Em se tratando de área construída ocupada, em São Paulo, segundo os mesmo dados da revista, no ano de 2006, mais de 200.000 m² foram ocupados, ocasionando um crescimento de 61% em relação ao ano anterior.

Esta ocupação deu-se principalmente nas regiões das avenidas Brigadeiro Faria Lima e Berrini e no bairro de Vila Olímpia, Zona Sul de São Paulo.

Em relação aos demais pólos administrativos existentes na cidade de São Paulo, a região da Berrini fica atualmente em segundo lugar no que diz respeito ao metro quadrado construído, perdendo apenas para a região do centro.

³ Edifícios inteligentes: “É aquele que utiliza a tecnologia para diminuir os custos operacionais, eliminar os desperdícios e criar uma infra-estrutura adequada para aumentar a produtividade dos usuários”. (NEVES, 2002).

⁴ Maiores estudos podem ser obtidos em: VERONEZI, A. B. P.: “Sistema de certificação da qualidade de edifícios de escritórios no Brasil”. São Paulo, 2004. Dissertação de Mestrado. POLI-USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil.

Para se ter uma idéia, os dados baseados no ano de 2001, segundo Nobre (2000, p.12), entre 1980 e 1998, o estoque da Marginal Pinheiro pulou de 670 mil para 2,1 milhões de metros quadrados, fazendo com que a marginal representasse 33% do total de estoque útil de escritório contra 25% da Paulista e 42% do Centro e este crescimento só tem aumentado.

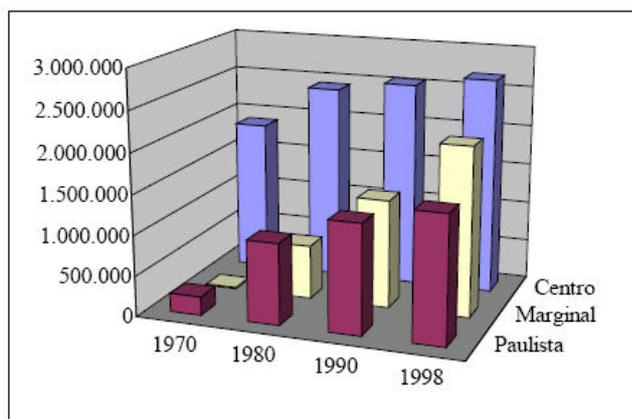


Gráfico 1. Evolução do estoque útil de escritórios em metros quadrados nos principais centros de negócios em São Paulo

Fonte: Bolsa de Imóveis de São Paulo (2008)

No entanto, no Rio de Janeiro houve um crescimento apenas de 22% devido à ausência de terrenos incorporáveis para a construção de edifícios de escritórios.

Tão grande é esta demanda na cidade de São Paulo que muitas incorporadoras estão investindo em novos empreendimentos com características adicionais como terraços mais amplos e diferentes espaços comuns. Trata-se do novo conceito *wellness*⁵.

Este conceito fornece aos seus usuários ambientes profissionais descontraídos e estimulantes através da criação de *lounges*⁶ e varandas que possibilitam a extensão do espaço de trabalho.

De acordo com o diretor-administrativo da GRM Empreendimentos, Guilherme Sahade, em entrevista ao Diário do Comércio, periódico da Associação Comercial de São Paulo, duas

⁵ *Wellness*: Palavra em inglês cujo significado quer dizer bem-estar.

⁶ *Lounge*: Palavra em inglês cujo significado quer dizer lugar de descanso.

pesquisas realizadas pela empresa mostraram carência do mercado corporativo por escritórios com qualidade de vida em São Paulo.

Um exemplo é o *The Taj Office Tower*, empreendimento lançado pela GRM Empreendimentos em junho de 2007, localizado na Vila Olímpia, em São Paulo.

O Valor Geral de Vendas (VGV) desses empreendimentos giram em torno de 266 milhões de reais, e estão localizados na Zona Sul, no bairro de Vila Olímpia e na Zona Oeste, no bairro de Vila Hamburguesa, ao lado do Parque Villa Lobos.

2.4 CENTROS EMPRESARIAIS: LOCALIZAÇÃO E ANÁLISE DO RUÍDO EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS NA CIDADE DE SÃO PAULO

São Paulo é a maior capital do Brasil, e uma das maiores do mundo, com grande dinamismo econômico, principalmente nas atividades de prestação de serviços, apresentando assim inúmeros edifícios de escritórios que se tornam representativos, não somente pelos números, mas também, pelo alto valor agregado em tecnologia, transformando-se em padrões de referência tecnológica.

2.4.1 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO

São Paulo tem “a maior concentração relativa de sedes de empresas nacionais e internacionais, sedia os bancos que controlam a maior parte das agências bancárias do País e também a maior parte das instituições financeiras estrangeiras que operam no Brasil” Benini (1997, p.01).

Embasada nos trabalhos de Andrade (2000 apud Benini, et al, 1997), Camargo (2002) Neves (2003), Santo (2006) e Vale (2006) pode-se retirar elementos de classificação e analisar a dinâmica e fatos que fizeram o surgimento e evolução dos mais diversos pólos econômicos e administrativos existentes na cidade de São Paulo.

Este mercado e o conseqüente início da verticalização da paisagem urbana iniciaram-se na região central, nos arredores da Sé na década de 30 (Fig. 02 e 03). Concentra ainda muitos edifícios comerciais de estilos arquitetônicos antigos e com instalações insuficientes, tanto no que diz respeito à infra-estrutura, como nas tecnologias de informação e de materiais. A ocupação desta região acabou abrangendo inclusive o outro lado do Anhangabaú (Fig. 04).



Figura 2. Região Central da cidade de São Paulo – Arredores da Sé /SP

Fonte: <http://www.bolsaimoveis.com.br/portfolio/biport01.htm>



Figura 3. Vista aérea da região Central da cidade de São Paulo/SP

Fonte: http://hatw.net/rep/images/Sao%20Paulo_jpg.jpg



Figura 4. Vale do Anhangabaú - Edifícios do centro da cidade, na década de 1950; os mais altos são, em direção ao fundo: Martinelli, Sampaio Moreira e Altino Arantes (Banespa), mais à direita
Crédito: Alice Brill

Fonte: http://www.aprenda450anos.com.br/450anos/img/livro/AB01_D2.jpg

Com a construção do Conjunto Nacional na região da Paulista em 1956, deu-se início a mais um novo pólo de escritórios, pois a região central já apresentara sinais de saturação. O desenvolvimento deste pólo deu-se com a duplicação da Paulista (Fig.05) e com o impulsionamento da economia brasileira, durante os anos do milagre econômico brasileiro.



Figura 5. Vista aérea da Av. Paulista e região/SP

Fonte: http://www.aguaforte.com/antropologia/osurbanitas/revista/asp24_av_paulista.jpg

O perfil estritamente residencial da avenida permaneceu até meados da década de 1950, porém esta paisagem foi alterada quando o desenvolvimento econômico da cidade levou os novos empreendimentos comerciais e de serviços para regiões afastadas do seu centro histórico, no caso a região da Sé.

Em um curto espaço de tempo, praticamente todos os palacetes da avenida foram vendidos e substituídos por pequenos edifícios de escritórios e comércio, com em média 30 andares, caracterizados como “espigões”.

Esta ocupação deu-se também pelas novas diretrizes de legislações de uso e ocupação do solo e também pela valorização dos imóveis que foi incentivada pela especulação imobiliária.

Esta região também acabou ficando saturada nos anos 70 e assim começou-se a desenvolver um novo pólo na Zona Sul, onde se intensifica a oferta de edifícios comerciais a partir da década de 80, consolidando-se na década de 90, e é hoje o maior pólo de concentração destes edifícios, estando situado ao longo das Marginais do Rio Pinheiros, na região da Av. Engenheiro Luís Carlos Berrini (Fig. 06 e 07).

O mercado de edifícios de escritórios ganhou grande impulso nesta região em função da valorização do setor terciário avançado, com a participação de grandes empresas imobiliárias e renomados escritórios de arquitetura, surgindo assim um estoque de edifícios de melhor qualidade em relação aos existentes nos outros pólos, tecnologicamente mais modernos e sofisticados, atendendo a demanda de novos investidores corporativos.

De acordo com Neves (2003, p.54)

[...] A ocupação empresarial dessa zona é imbatível. São mais de 900 empresas instaladas na região. Muitas delas pertencentes ao seleto grupo das maiores e melhores empresas multinacionais que atuam no Brasil. A tecnologia empregada na construção de vários edifícios da Berrini pode ser colocada entre as mais modernas da América Latina.

Assim, esta região possui hoje uma ampla oferta de serviços de escritórios com qualidade estética e tecnológica de alto padrão, tanto na sua concepção e execução como no gerenciamento e no uso.



Figura 6. Vista aérea da região da Av. Engenheiro Luís Carlos Berrini/SP

Fonte: <http://www.landmarknacoesunidas.com.br/>

Esta região recebeu empreendimentos de alta tecnologia com alto valor agregado como é o caso do Word Trade Center (WTC), Centro Empresarial Nações Unidas (CENU), dos hotéis Grand Hyatt e Hilton, das empresas multinacionais Nokia, Mastercard, Daimler, Chrysler, Walt Disney, Microsoft, dos bancos Bank Boston, hoje Itaú Personalité, Banco Sudameris, Banco Chase Manhattan, Deustshe Bank Alex Brown, Citibank e empresas multinacionais como a Nestlé e a T.V. Globo.

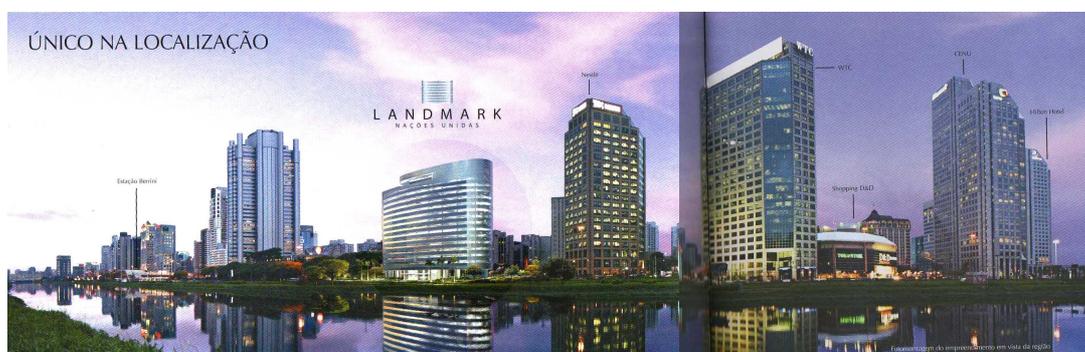


Figura 7. Vista da região da Av. Engenheiro Luís Carlos Berrini/SP

Fonte: <http://www.landmarknacoesunidas.com.br/>

2.4.2 ANÁLISE

O mercado de escritórios na cidade de São Paulo se desenvolveu em locais que foram sendo consolidados através da situação econômica de cada época, impulsionada também pelo dinamismo da cidade.

Nestes locais, devido à intensa ocupação, inúmeras fontes de ruídos são geradas, em virtude do grande número de transportes coletivos e individuais, caracterizando um tipo de ambiente sonoro que impacta fortemente nos espaços internos das edificações.

O conhecimento desta interferência sonora externa deve ser feita para controle do conforto acústico interno, através do tratamento das fachadas. Neste trabalho, o conhecimento se direciona na adequada utilização de vidros acústicos e conseqüentemente demais técnicas e materiais.

2.5 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS: EVOLUÇÕES DE TIPOLOGIAS

Com a preocupação da organização do espaço interior, os espaços corporativos passaram por grandes transformações em sua forma de ocupação (*layout*⁷), visando atender às novas formas de comunicação e também a necessidade de utilização de novas tecnologias objetivando melhor conforto para as mais diversas tarefas, aumentando a produtividade e competitividade e caracterizando o modo de trabalho da empresa.

O conhecimento destas transformações vem subsidiar a maneira com que hoje é tratado a questão da redução do ruído nestes espaços, ou seja, a forma de ocupação utilizada atualmente norteia o emprego de materiais acústicos e vem facilitar a adoção dos mesmos.

“O *layout* do Edifício Administrativo de uma empresa é reflexo do seu modelo gerencial” (WIELENICKI, 2002). “O *layout* irá refletir a Gestão Administrativa da Empresa, enquanto arranjo funcional, seu desenho reproduzirá condicionantes do organograma. O foco está

⁷ Layout: Palavra em inglês cujo significado quer dizer arranjo físico

centrado no indivíduo enquanto peça de um sistema produtivo” (STOLLAGLI, 2000 apud LEITE, 1997).

2.5.1 HISTÓRICO

Segundo Caldeira (n.9, s.d. apud Leite, 1997), a evolução dos espaços administrativos vem ocorrendo desde a idade média, onde haviam salas que eram destinadas ao trabalho escritural e esta função eram realizadas por monges, que também se dedicavam à leitura.

Sob esta razão, Leite (1997, p. 8) relata que

[...] “O primeiro Edifício Administrativo é, possivelmente, o conjunto dos UFFIZI, construído entre 1560 e 1574 em FLORENÇA, por GIORGIO VARSARI, para a família MEDICI. O complexo era composto por dois edifícios estreitos e compridos, de três pavimentos, dispostos paralelamente e separados por uma rua estreita”.

Segundo explicações de Zevi (1996), as Guerras Mundiais, no século XIX, marcaram grandes transformações no modo de vida das pessoas e também no ambiente de trabalho, sendo refletido nos partidos e soluções arquitetônicas com a introdução da planta livre.

Caracterizam-se por planta livre, lajes apoiadas em estrutura de concreto armado ou aço, permitindo assim grandes aberturas nas fachadas e ampla utilização de panos de vidros nas fachadas.

“As plantas livres, produtos de ideais de funcionalismo e movimento orgânico, representam os primeiros passos para a flexibilidade de *layout*, hoje largamente empregado” (LEITE, 1997, p.09).

A partir da Primeira Guerra Mundial, baseado na produção industrial caracterizada pela racionalização operacional, os primeiros escritórios das décadas no início do século XX seguiam o modelo Taylorismo ⁸.

⁸ O termo TAYLORISMO surgiu devido aos estudos que resultaram na Teoria de Administração científica de FREDERICK WINSLOW TAYLOR (1856-1915), engenheiro americano que estudou o que considerava o tempo e a maneira ótimas de se realizar um trabalho.

Os espaços formados sobre este modelo eram compostos da seguinte forma: nos pavimentos inferiores os funcionários eram dispostos sentados em cadeiras atrás de mesas enfileiradas lado a lado que se voltava para um supervisor.

Os gerentes e os chefes situavam-se nos andares superiores com salas espaçosas e iluminadas, com mobiliários generosos e divisórias semi-envidraçadas, facilidades privativas e acesso restrito.

Segundo Andrade (2000, p.21, apud Leite, 1997 p.10), os escritórios tayloristas foram mais propagados nos Estados Unidos, ficando inclusive conhecido como “*Conceito de Bullpen*”⁹ e “*American Office*” (escritório americano), ao contrário de outros países desenvolvidos, como os países da Europa, onde, seus funcionários eram divididos em salas com no máximo seis pessoas trabalhando.

Os espaços corporativos começaram a sofrer alterações na sua disposição de *layout*, acessos e circulações devido à evolução da própria arquitetura dos edifícios de escritórios, com a utilização de novas tecnologias construtivas.

A contribuição da escola de Chicago, nos Estados Unidos, foi significativa com a construção de edifícios altos com estrutura de concreto armado ou aço. Esta nova forma de estruturação onde o conceito de distribuição dos pilares foi alterado fez com que as fachadas perdessem a função estrutural possibilitando planos livres, com fechamentos em vidros de grandes aberturas e ocupação do espaço com *layouts* flexíveis.

Um prédio significativo que marca esta evolução é o edifício Larkin Building (Fig. 08) de autoria do arquiteto Frank Lloyd Wright.

Neste edifício a ocupação dos funcionários de baixo escalão dava-se no átrio central rodeado por salas privativas dos funcionários mais graduados. “As circulações verticais e serviços situavam-se em torres nos quatro cantos do edifício. Adotou-se, pela primeira vez, o sistema de ar-condicionado central e mobiliário específico”. (LEITE, 1997, p.10).

⁹ Conceito de Bullpen: Conceito que agrega várias formas de organização *taylorista* do espaço de trabalho, transcrevendo modelos da produção fabril para os espaços de escritório.



Figura 8. *Larkin Building* – Frank I. Wright – 1904.

Fonte: LEITE (1997, p. 11)

Os arquitetos Wright e Lê Corbusier atuaram mais expressivamente na América do Norte, Europa, países orientais e na América do Sul na produção de edifícios com este conceito. No Brasil, contudo, foi Lê Corbusier que introduziu estes conceitos em seus projetos e Oscar Niemeyer e Lucio Costa foram seus seguidores onde “Niemeyer levou o conceito corbusiano do plano livre a um novo nível de fluidez e interpenetração”. (LEITE, 1997, p.18).

Em contrapartida ao modelo taylorista de produção e ocupação dos espaços onde se tinha uma massificação, rigidez operária e segregação das hierarquias, surge um modelo mais democrático de ocupação destes espaços.

Segundo Amaral (1995 apud Wielewicki, 2002), este modelo tem o princípio e fundamento o seguimento da Teoria das Relações Humanas de Elton Mayo, onde prevalecia a diferenciação do homem com a máquina. “a gerência deveria ser humanista e não mais tecnicista.” (WIELEWICKI, 2002, p.515).

Era preciso identificar as diferenças, revelar as qualidades, conhecer, aprimorar novas idéias e tecnologias.

Assim, surge na Alemanha, criado pelos irmãos Eberhard e Wolfgang Schenelle, o conceito de *Bürolandshaft* nos anos 60 e que posteriormente nos Estados Unidos ficou conhecido como *Landscape Office*¹⁰.

Na Alemanha este conceito surgiu também pela necessidade de se repensar uma nova economia que começa a surgir após o pós – guerra. Para isso a comunicação, a democracia e uma situação de trabalho menos rígida e mais flexível, era fundamental.

Foi desse novo pensamento que surgiu o “princípio de que as paredes isolavam as pessoas e dificultavam a comunicação” (WIELEWICKI, 2002, p.515).

Este modelo foi muito utilizado em todo o mundo, em especial na Alemanha. Nos estados Unidos, encontrou forte reação em virtude do taylorismo e na Holanda não se tornou muito viável devido às restrições de distâncias máximas da luz solar exigidos no código de edificações do país.

O *Landscape Office* teve como proposta o desenvolvimento de tarefas em um único espaço, independente do nível hierárquico, sem separações físicas dos espaços e mesas dispostas em série como numa linha de produção.

“O layout seguia os fluxos, não havia mais divisórias e corredores. Os gerentes estavam mais disponíveis e, apenas grupos de trabalho se encontravam nos espaços reservados. Sua conformação final era bastante orgânica e, muitas vezes, caótica.” (WIELEWICKI, 2002, p.516).

Amaral (1995 apud Leite, 1997, p.21) caracteriza estes espaços como “planta livre, lajes com grande metragem quadrada, pé-direito alto para instalação de dutos de ar-condicionado, área para estacionamento, dispositivos contra incêndio, etc, para a adequação do conceito de espaço panorâmico”.

¹⁰ LANDSCAPE OFFICE: No Brasil este termo é conhecido como escritórios paisagem, escritórios panorâmicos, escritórios do tipo *open plan* ou *open space*, ambos utilizando termos em inglês e chegou ao Brasil na década de 70, passando a ser mais utilizado na década de 80 e são projetados com base nos conceitos fundamentais de Wright, Corbusier, Mies e Groupius.

Este novo arranjo espacial que proporcionou integrações com facilidade trouxe também aos seus ocupantes problemas de dispersão ocasionados por estímulos visuais e auditivos, falta de privacidade sonora ao falar ao telefone ou qualquer outro tipo ou meio de troca de informações, perda de controle da identidade espacial, incômodo gerado pelo ruído das diversas fontes sonoras (ruídos de impressoras, aparelhos de fax, campainhas de telefones, aparelhos de ar condicionado, outros).

Estes problemas, porém fizeram com que este modelo fosse aperfeiçoado, incorporando novos elementos, materiais e técnicas objetivando o aumento da produtividade e competitividade.

Um elemento primordial que foi empregado foi o uso de biombos ou painéis divisórios autoportantes e móveis com alturas variáveis, com calhas para cabeamento lógico e com revestimentos das superfícies com materiais absorvedores e técnicas de isolamento acústico.

Após este aperfeiçoamento, países como os Estados Unidos e o Japão passaram a utilizar este modelo em larga escala, ao contrário dos países da Europa onde os ambientes menores continuaram a prevalecer, com tipologias de escritórios particionados em compartimentos fechados.

Segundo levantamento realizado por Leite (1997) é possível citar alguns exemplos representativos de edifícios de escritórios localizados em outros países, que se utilizam do modelo de escritórios panorâmicos:

- Edifício da Companhia Telefônica AT & T, em Nova York, **EUA** (Philip Johnson & John Burgees, 1984);
- Companhia de Seguros Lloyd's bank, em Londres, **Inglaterra** (Richard Rogers, 1986);
- Toshiba Headquarters (Fig. 09), em Tokyo, **Japão** (Shimizu Construction Co., 1994);

- ARK Mori buildings (Fig.09), em Tokyo, **Japão** (Irie Miyake Architects & Engineers, Imizuka Engineering Consultants, 1986);

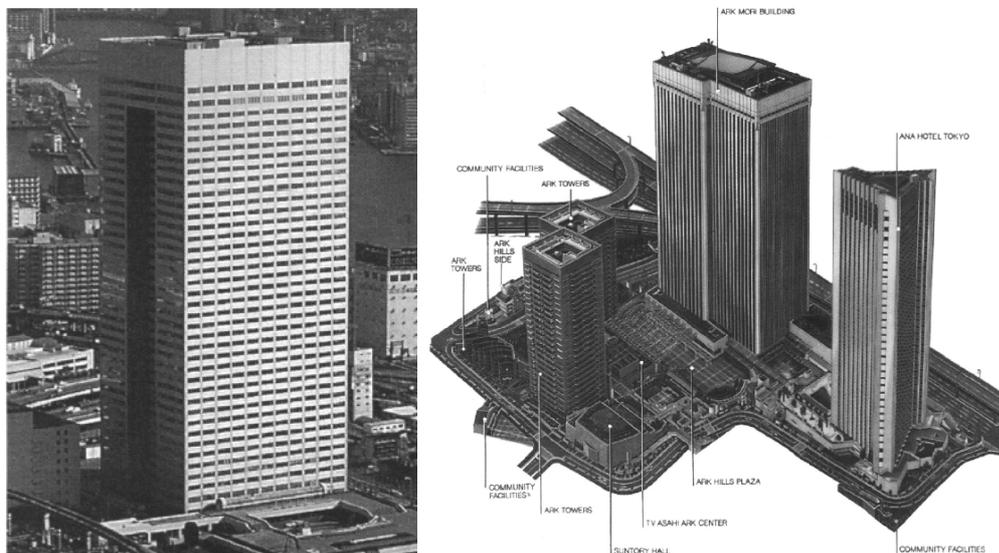


Figura 9. Toshiba Headquarters, em Tokyo, Japão e ARK Mori Hills Complex - Tokyo – Japão, respectivamente

Fonte: Leite (1997, p. 16)

A autora cita ainda os seguintes edifícios construídos nos Estados Unidos: Financial Place (Chicago), Atlanta Plaza (Atlanta), Califórnia Center (San Francisco), Federal Building East (Oregon), Plaza Towers (Chicago), World Financial Center (Nova York), no Japão, como: Century towers, Crystal Tower, IBM Hakozaki Office, Japan Patente office, MTG.

O arquiteto Edo Rocha¹¹ faz uma avaliação sobre os espaços panorâmicos em entrevista à revista Ambiente, de dezembro de 2005:

[...] “não existe nada que integre mais do que ter as coisas abertas. O que se pode discutir é a forma do equipamento, se o *open space* é o melhor ou pior, mas não que vá ter uma outra solução que não o *open space*...as empresas são um time de trabalho onde a harmonia e a capacidade desse time é que vão vencer as partidas. E a ferramenta para este time geralmente têm que ser a melhor possível”.

A evolução da arquitetura em todas as vezes, foi influenciada por momentos históricos, políticos, religiosos, sociais e econômicos da humanidade e também por fatores climáticos e

¹¹ Edo Rocha é arquiteto, formado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP), é tido como o principal representante da arquitetura corporativa nacional, e já contabiliza mais de 700 projetos e mais de 4 milhões de m² projetados para corporações no Brasil e na América Latina desde que seu escritório foi fundado, há 32 anos.

materialista e isto fez com que os edifícios de escritórios sofressem mudanças radicais como se observou até o momento e hoje “a imagem da empresa representa um fator condicionante aos projetos de seus edifícios, onde o simbolismo empresarial é claramente visível” (LEITE 1997, p.22).

Atualmente, os espaços de escritórios são caracterizados como **territoriais**¹² e **não territoriais** segundo o gerente de marketing da L´atellier Móveis e Neves (2002, p.46).

No *High Performance*, os espaços são distribuídos de forma integrada, sem divisões, mantendo-se na linha do *open space*, de modo a estimular o trabalho feito em equipe. No *Combi Office*, os espaços são formados por pequenas salas fechadas, localizadas próximas às janelas, formando setores que exigem trabalho de alta concentração.

Os não-territoriais são espaços de trabalho utilizados por influenciar bastante no modo de como os funcionários interagem entre si e entre os clientes. São chamados de “*Free Address*” e “*Hoteling*”.

Na organização do *Free Address*, as mesas existentes ficam vazias, sem computadores, demais equipamentos e papéis. São utilizados por supervisores (média gerência) e demais funcionários. “O funcionário chega com seu *notebook*, pega seus gaveteiros volantes, pluga a máquina na rede, programa o ramal telefônico para seu número pessoal e torna-se dono daquele posto” (NEVES, 2002, p.46).

No *Hoteling*, os espaços são parecidos com o modelo *Combi Office*. As salas são reservadas por um número de horas previamente definida.

Um novo processo também, com certeza, surgiu juntamente com os novos meios de tecnologia e este parece que não sofrerá nenhum regresso. Este processo dá-se pelo aumento das atividades de prestação de serviço, com a descentralização do trabalho da empresa e esta terceirização só pode ocorrer devido ao avanço da informática e seus

¹² Os territoriais são espaços corporativos de maior utilização e cada funcionário tem seu posto de trabalho e são configurados em dois conceitos, os “*High Performance Team*” e “*Combi Office*”.

elementos e de outras tecnologias como o fax, a internet, o sistema de ligações de voz sobre IP com a ajuda do computador e telefones celulares com possibilidade de acesso à internet.

Os edifícios atuais dotados destas tecnologias e de outras tecnologias como sistemas de monitoramento de controle energético, através do controle de iluminação e atendimento dos elevadores por proximidades de chamada são comercialmente denominados de “Edifícios Inteligentes”. Segundo Neves (2002, p.18), este conceito começou a ser utilizado em São Paulo a partir do ano de 1986, cujo início foi marcado pela construção do Edifício Citicorp/Citibank (Fig 10).



Figura 10. Edifício Citicorp/Citibank

Fonte: Revista FINESTRA – Ed. 41 – maio/2005

Edifícios como estes começaram a serem construídos de modo intensificado na Região da Avenida Nações Unidas, Marginal Pinheiros e Av. Luís Carlos Berrini e esta região assume assim o “status de território inteligente” (AMARAL, 1995 apud LEITE, 1997).

Edifícios como o Centro Empresarial Nações Unidas (CENU) (Fig.11) e o World Trade Center (Fig.12), são exemplos relevantes de edifícios construídos nesta região e que são caracterizados como “Edifícios Inteligentes”.



Figura 11. Centro Empresarial Nações Unidas (Cenu)

Fonte: www.terranoibre.com.br



Figura 12. Edifício World Trade Center

Fonte: www.estacaometropole.bravehost.com

No ano de 2007, projetos inovadores foram implantados com a criação de um novo conceito *wellness* (bem-estar) do mercado corporativo. Este conceito agrega espaços diferenciais para proporcionar bem-estar aos escritórios inteligentes.

Estes espaços são *lounges*¹³ e varandas privativas que aliam um pouco do ambiente doméstico ao escritório criando “espaços multifuncionais, que podem ser transformados em uma extensão da área de trabalho ou em um ambiente de descanso”, segundo Guilherme Sahade, diretor-administrativo da GRM incorporadora.

Exemplo deste novo conceito é o edifício The Taj Office Tower (Fig. 13 e 14), (projeto da Itamar Berezin Arquitetura) na Vila Olímpia, em São Paulo, lançado em agosto de 2007, com previsão de entrega em março de 2008.

¹³ *lounges*: termo em inglês que significa sala de estar.



Figura 13. The Taj Office Tower

Fonte: <http://www.thetaj.com.br/home.html>



Figura 14. Planta Tipo do The Taj Office Tower

Fonte: <http://www.thetaj.com.br/home.html>

Este edifício contará também com um café gourmet com acesso sem fio à internet (Wireless) e ambiente externo com mesas e ombrelones integrados ao deck e *lounge*.

Este conceito já foi utilizado em outros empreendimentos, como é o caso do Çiragan (Fig. 15 e 16) (nome de um palácio em Istambul, na Turquia), projeto de Itamar Berezin lançado pela Incorporadora Cyrela, no Bairro Jardins, em São Paulo.

Estas configurações, se utilizadas fortemente nos próximos anos, novas situações acústicas surgirão e conseqüentemente novos materiais e soluções, devendo gerar assim futuras pesquisas.



Figura 15. Çiragan

Fonte: <http://www.cyrela.com.br/Web/ficha/ciragan/>



Figura 16. Planta Tipo de uma das opções existentes

Fonte: <http://www.cyrela.com.br/Web/ficha/ciragan/>

3 - ACÚSTICA E EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS



Este capítulo tem por objetivo o conhecimento sucinto das bases necessárias para a elaboração de um projeto acústico de edifícios de escritórios.

Serão aqui tratados critérios e maneiras de como iniciar um projeto acústico, formando uma introdução para o aprofundamento das técnicas e materiais a serem documentadas.

3.1 CARACTERIZAÇÕES DO OBJETO A SER ESTUDADO

Quanto a sua forma física, os edifícios de escritórios são, em sua maioria, classificados como escritórios panorâmicos. Estes são caracterizados por apresentarem espaços amplos, de “geometria achatada, onde teto e piso formam dois planos horizontais com dimensões bem maiores que a altura ou pé-direito” (NOGUEIRA, 2002, p.06).

Este espaço pode ser dividido por divisórias ou biombos, criando ambientes que oferecem separação visual e certo grau de privacidade acústica. Estas divisórias e biombos, também chamadas de partições ou barreiras, podem ser dispostos de várias maneiras, em várias alturas, dependendo da necessidade de uso do espaço, proporcionando flexibilidade de layout.

As salas de reuniões são geralmente localizadas nas laterais e são totalmente fechadas por divisórias piso-teto, ao contrário das demais áreas de trabalho onde a divisória e biombos apresentam alturas menores.

Instalações de ar-condicionado são localizadas entre a laje piso e o forro (entre forro), formando um espaço denominado *plenum*, e em alguns casos, o ar é insuflado pelo piso, que fica elevado da laje piso, onde instalações de redes e instalações elétricas também são realizadas.

3.2 LEVANTAMENTOS DOS RUÍDOS LOCAIS

Em se pensando no meio urbano em que o edifício será inserido, deve-se realizar um levantamento dos ruídos locais presentes no entorno. Silva (2002, p.45) recomenda que se

conheçam os níveis de ruído nos diversos pontos do terreno, e que haja um mapeamento das fontes de ruídos existentes

3.3 CONHECIMENTOS DAS CONDIÇÕES ACÚSTICAS INTERNAS EXISTENTES

Os critérios para se avaliar o conforto do homem no meio em que se encontra estão sempre relacionados ao tipo de atividade que esteja sendo desempenhada em um dado momento.

A presença de um ruído perturbador e ou constante pode gerar no homem desde desconforto até situações mais graves como enjoos e sonolência, dor de cabeça, perda da concentração, baixa da produtividade, insônia e estresse, conseqüências no sistema nervoso central e outros.

Para a adequação de um espaço ou criação de um novo, o projeto deve superar os seguintes problemas acústicos descritos por Vianna (2006) (informação verbal):

1 – Os que visam a obtenção de boas condições de sossego e trabalho:

Para isso procura-se obter os níveis de ruídos internos máximos aceitáveis estipulados pela norma NBR 10152.

A redução do nível de ruído(L) se dá predominantemente pela adoção de medidas de Isolamento acústico. O isolamento sonoro deve garantir, por exemplo, a privacidade entre salas contínuas ou eliminar a interferência de barulhos externos,ou seja, o som de fora não deve entrar no ambiente.

2 – Os que visam o bom condicionamento acústico dos ambientes, ou seja, a boa audição.

Para isso procura-se obter boas condições de audibilidade para palavra falada.

Nesses casos a preocupação básica é com a absorção, reverberação e a reflexão dos sons (boa distribuição dos sons pelo ambiente), que está ligado ao uso dos materiais e com a própria forma e dimensão do local.

Deve-se, portanto, pensar sobre a acústica dos ambientes e o controle de ruído dos sons gerados interna e externamente ao edifício e pode ser assim entendido:

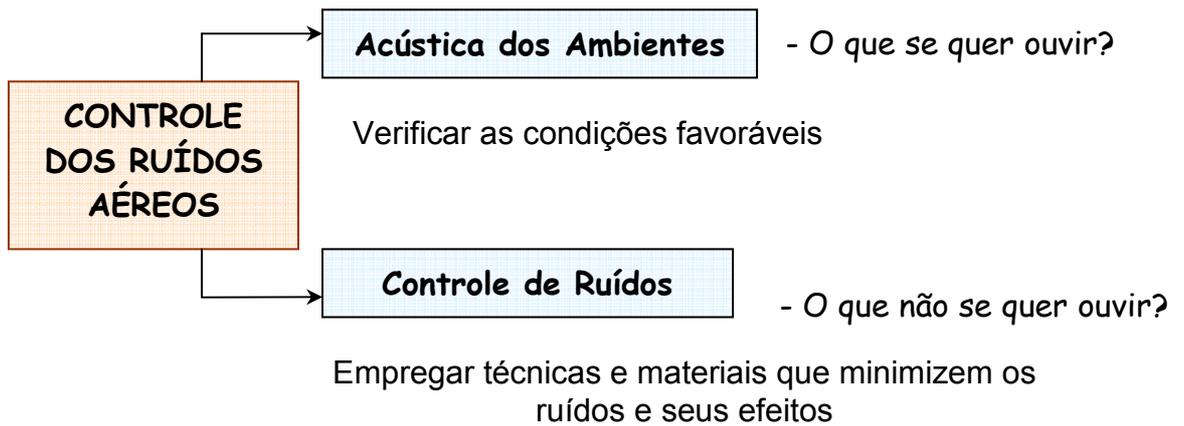


Figura 17. Problemas acústicos

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora

Para melhor compreensão dos fenômenos acústicos para aplicação dessas variáveis, observe a figura que se segue:

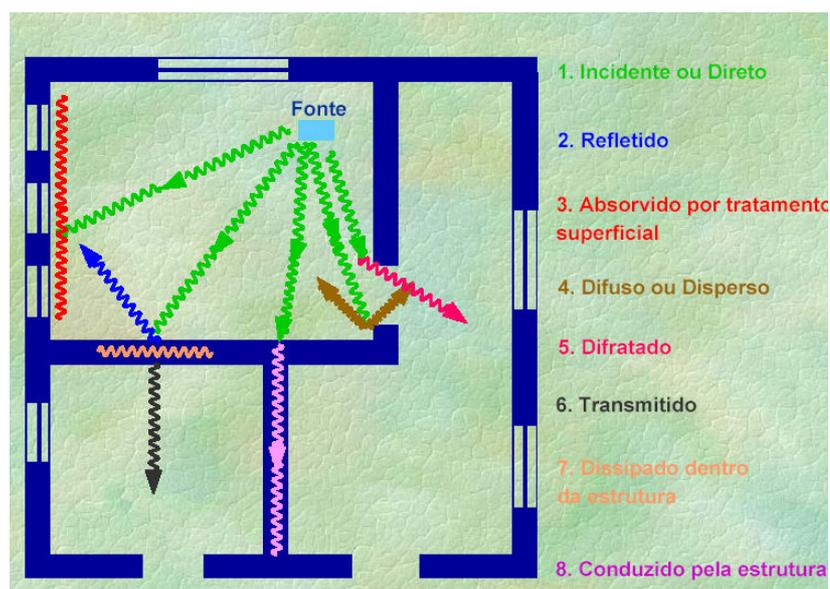


Figura 18. Os fenômenos acústicos nos recintos.

Fonte: Vianna (2006) Semana corporativa.

Estas variáveis obviamente estão presentes nos edifícios de escritórios e àqueles transmitidos via aéreas, enquadra-se aqui os itens de 1 a 6 dos fenômenos ilustrados acima, serão levados em consideração neste trabalho, por fazer parte da delimitação desta pesquisa, não serão levados em consideração por tanto os tratamentos utilizados para redução da transmissão de ruídos por impacto (vibração).

É importante saber que os ruídos sonoros estão presentes em qualquer local de trabalho, inclusive aqueles que são mais perturbadores. Porém nos edifícios de escritórios, os ruídos estão presentes em níveis de intensidade menores em comparação aos escritórios de usinas que muitas vezes se localizam ao lado da produção.

Nos edifícios de escritórios os ruídos são gerados pelos vários equipamentos eletrônicos como as campainhas de telefone, impressoras de computador, cpu's, fax, ventiladores, aparelhos de ar condicionado e também por vozes humanas, sendo esta caracterizada como a principal fonte de ruído.

Sabe-se também que um edifício de escritórios é composto de auditórios e salas de conferências que utilizam de amplificadores de voz, televisão, vídeo e outros equipamentos que geram ruídos que podem transpor o ambiente em que se encontram.

Os níveis de limite de intensidade sonora são definidos em norma, que está baseada em indivíduos de diferentes características físicas e sociais, e deve ser seguida para garantir o bom desempenho da edificação e conseqüente conforto de seus usuários.

As condições acústicas existentes num edifício de escritórios são as mesmas mencionadas anteriormente: devem-se proteger os ruídos externos (isolar) e adequar (isolação ou absorção) os espaços internos existentes, ou seja, o ruído externo pode ser minimizado com o tratamento acústico do ambiente e também do isolamento, o qual faz parte das características dos materiais investigados nesta pesquisa.

De acordo com Vianna (2006), (informação verbal) do ponto de vista externo, deve ser feita a verificação do isolamento da envolvente externa do edifício, paredes, coberturas e

particularmente as aberturas, para que o valor do nível máximo de ruído interno não ultrapasse o estipulado pela norma brasileira NBR 10152, que é de 55 dB(A). No entanto, algumas vertentes não serão estudadas nesta pesquisa.

Do ponto de vista interno, deve ser feita a verificação do aspecto de absorção e isolamento entre os ambientes, através do tratamento das divisórias e a verificação do controle do nível de ruído produzido internamente por meio de materiais e componentes, no caso do tratamento do forro, do piso, das paredes e das estações de trabalho.

Se a fala produzida entre uma fonte sonora e um receptor próximo atingir a outras pessoas mais próximas, este ruído torna-se o que mais distrai em relação aos demais ruídos existentes. Esta situação, no entanto, torna-se muitas vezes inevitável.

Para tentar amenizar este problema, o grau de privacidade deve ser mantido ao menos entre as estações de trabalhos vizinhas, pois, o principal problema de ruído nestes espaços não é o ruído propagado às grandes distâncias e sim aos de pequeno alcance. “A fala pode ser audível entre os postos de trabalho, mas não deve ser completamente inteligível”. Nogueira (2002, p.06), pois podem levar a perda de privacidade nas estações de trabalho.

Assim, para entendimento dos ambientes e sua classificação acústica, observe a tabela a seguir.

Tabela 1 - Classificação Acústica em Ambientes de Escritório

Privativo	Salas de diretoria e gerência (em certos casos) e respectivas salas de reunião
Silencioso	Salas de trabalho dependente de grande concentração mental
Resguardado	Salas de trabalho decisório de rotina, salas de reunião para deliberações coletivas, ante-salas de espera, recepções, salas ou locais para entrevistas.
Pouco exigente	Salas de operações de equipamentos de escritórios, salas de entrada ou expedição de materiais, almoxarifado, copa.

Fonte: Revista ProjetoDesign

Ainda segundo NOGUEIRA (2006, P.06), a privacidade acústica interna, depende também basicamente de um conjunto de soluções, compreendidas:

- Utilização de materiais absorvedores nos acabamentos;
- Bloqueio da trajetória sonora entre estações de trabalho adjacentes;
- Sobreposição dos sons de intrusão pela elevação do nível do ruído de fundo, que, por sua vez, é dependente dos níveis de ruído dos sistemas de ar-condicionado, das atividades de rotinas organizacionais do escritório e do sistema de mascaramento¹.

Mesmo em escritórios ou espaços onde a divisão é feita por divisórias piso-teto, a privacidade acústica pode ser prejudicada com a utilização de forros pouco acústicos em relação ao ruído gerado e à passagem de ondas sonoras entre o forro e a laje ou entre o encontro da divisória com o forro. Para isto alguns cuidados devem ser tomados.

“A ausência de septos isolantes acústicos nos escritórios do Brasil é a maior causa provável da passagem de ruído entre salas com divisórias altas”, afirma o engenheiro Fernando Henrique Aidar, consultor em acústica, em entrevista à Revista Técnica.

A privacidade acústica depende assim da altura dos painéis separadores de estações, de layout (distribuição do mobiliário), da quantidade de pessoas existentes dentro do espaço, da proximidade das paredes não-tratadas às estações de trabalho e seus ocupantes, e da existência ou não de forro acústico.

¹ MASCARAMENTO: Segundo definição de Fernandes (2002, p.28), “Na audição simultânea de dois sons de frequências distintas, pode ocorrer que o som de maior intensidade supere o de menor, tornando-o inaudível ou não-inteligível. Dizemos então que houve um mascaramento do som de maior intensidade sobre o de menor intensidade. O efeito do mascaramento se torna maior quando os sons têm frequências próximas.”

3.4 DESEMPENHO E NORMATIZAÇÃO PARA ACÚSTICA EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Vários são os aspectos e pré-requisitos necessários para proporcionar conforto e boas condições de trabalho nos edifícios de escritórios.

Sobre estas condições, pode-se destacar a opinião de Hartkopf et al (1993 apud LEITE, 1997) onde sugere que, para se criar ambientes com alta qualidade, necessária à produtividade do trabalhador e promover satisfação aos usuários, é necessário definir uma lista de qualidades de desempenho para ambientes de escritórios, para sua avaliação, programação, projeto e construção, manutenção e uso.

Assim, alguns autores listam requisitos de desempenho, como é o caso de Hartkopf et al (1993 apud LEITE, 1997), baseados no desempenho total do edifício, tendo os seguintes requisitos de qualidade em relação à acústica:

- Qualidade acústica:
 - Fonte sonora: níveis de pressão sonora e frequência;
 - Direção do som: isolamento sonoro;
 - Direção do som: distribuição sonora. Reflexão, uniformidade, reverberação

Ornstein (1992) documentou em seu livro de Avaliação Pós-ocupação do Ambiente Construído, uma lista do CSTB (Paris), pioneiros na iniciativa em desenvolver critérios de desempenho a serem cumprido pelo edifício como um todo. Os critérios desenvolvidos são os seguintes:

- Segurança estrutural;
- Segurança contra o fogo;
- Segurança de uso;
- Estanqueidade;
- Conforto Higrotérmico; Pureza do ar;
- CONFORTO ACÚSTICO;
- Conforto visual;

- Conforto Tátil;
- Conforto antropodinâmico;
- Higiene;
- Adaptação ao uso;
- Durabilidade;
- Economia.

Os quatro primeiros itens, assim como os dois últimos itens estão relacionados às questões de integridade do edifício, como resistência mecânica, impactos, riscos de difusão do fogo, tempo de evacuação, fontes cortantes, além dos mais diversos riscos ao usuário, conservação, custo global, outros.

Os demais itens são referentes às necessidades humanas e condições de ocupação (máquinas, mobiliários e equipamentos).

É importante ressaltar que todos estes critérios devem ser respeitados durante a fase de projeto e também durante a pós-ocupação. Sabe-se também que eles devem estar interligados para a obtenção do bom desempenho e conseqüente satisfação do usuário.

O enfoque desta pesquisa está, no entanto, no levantamento e aprofundamento do critério relacionado ao conforto acústico, essencial para o bom desempenho e de considerável percepção por parte dos usuários, conforme aponta a pesquisa realizada por Silva (2003):

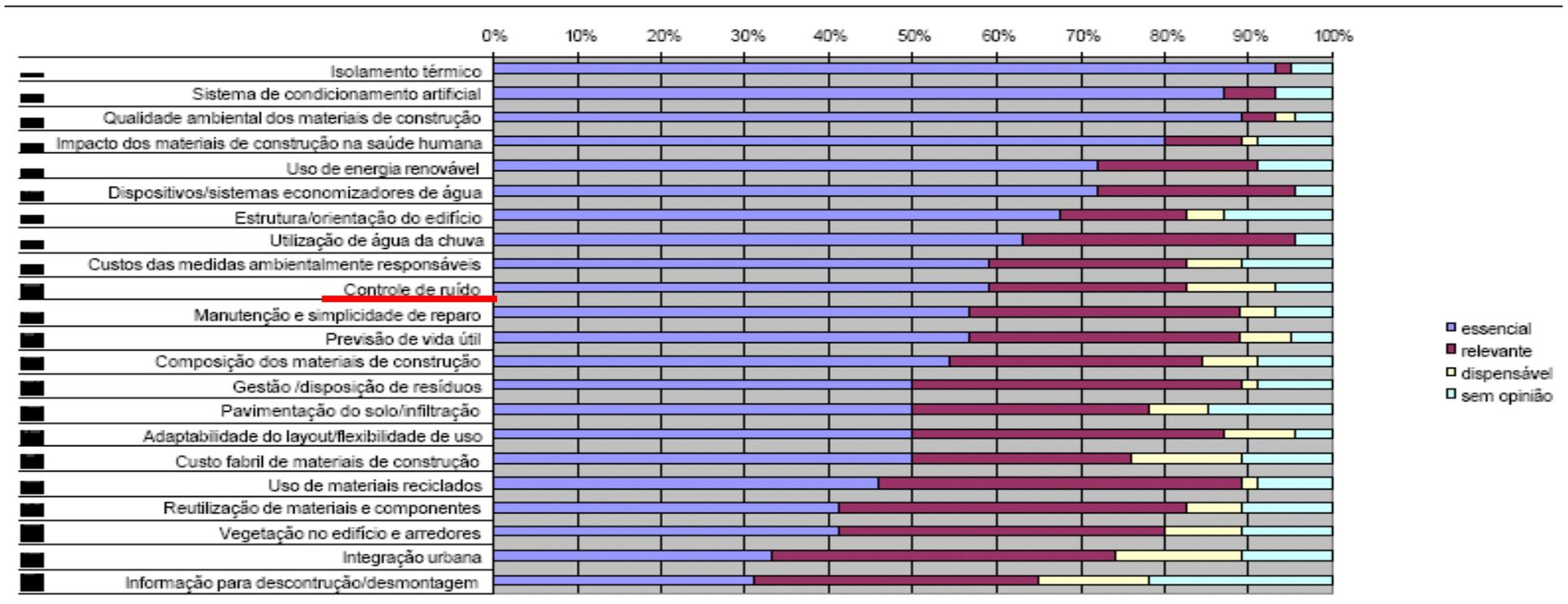


Gráfico 2. Resultados de consulta de percepção de relevância de itens a compor o módulo de avaliação ambiental de edifícios no Brasil. Os itens aparecem em ordem do número de votantes que os considerou "essenciais". A coluna de números à esquerda indica a ordem de relevância obtida em pesquisa equivalente na Alemanha.

Fonte: Silva (2003)

É importante ressaltar que, em projetos de retrofit, de acordo com alguns estudos realizados pela autora deste trabalho, o item de controle de ruído nunca é citado para inclusão nos projetos de reforma. São levantados todos os aspectos citados acima, porém ninguém se refere ao conforto acústico.

Alguns níveis sonoros são aceitáveis em edifícios de escritórios de acordo com cada ambiente, relacionada à atividade de trabalho que será desenvolvida no local.

Para a verificação dos níveis de intensidade sonora e desempenho aceitável dos espaços corporativos, deve-se utilizar a NBR 10152: 1989 e errata de Junho de 1992 – Acústica – Avaliação do ruído ambiente em recintos de edificações visando o conforto dos usuários – Procedimento.

Esta norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído ambiente num determinado recinto de uma edificação, com níveis de conforto.

Como forma de conhecimento e parâmetro, será mostrado os procedimentos de medição e avaliação do ruído dos espaços corporativos e para conhecimento das condições de conforto. Nenhum material, nenhuma técnica e situação serão avaliados nesta pesquisa, apenas o que a utilização dos materiais e das técnicas devem proporcionar.

3.4.1. PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

▪ **Condições gerais:**

- Não deve ser efetuada medição de nível de ruído ambiente, num recinto de edificação, na existência de fontes sonoras interferentes;
- Todos os valores medidos do nível de pressão sonora, devem ser aproximados ao valor inteiro mais próximo.

▪ **Condições específicas:**

- As medições devem ser efetuadas a uma distância de, no mínimo, 1,0m de quaisquer superfícies como paredes, teto, piso e móveis;

- O nível de Ruído Ambiente (L_{ra}) deve ser o resultado da média aritmética dos valores medidos em, pelo menos, três posições distintas, sempre que possível afastada entre si de, pelo menos, 0,5m.

▪ **Procedimentos de avaliação do ruído:**

- A avaliação do Nível de Ruído Ambiente (L_{ra}) é feita por comparação com os valores indicados na tabela que se segue:

Obs.: Os itens destacados referem-se ao conforto acústico em edifícios de escritórios.

Tabela 2- Intervalos apropriados para o Nível de Ruído Ambiente, em dB(A), num recinto de edificação, conforme a finalidade mais característica de utilização desse recinto. Reprodução parcial.

Tipo de recinto	Nível de ruído ambiente L_{ra} em dB(A)
Auditório para palestras (sem ocupação)	30-40
Auditórios (outros/sem ocupação)	25-35
Escritórios para projeto	40-50
Escritórios privativos (sem ocupação)	35-45
Escritórios de atividades diversas	45-55
Salas de espera	40-50
Salas de reunião	30-40
Salas de computadores	45-60

Fonte: NBR 10152: 1989/1992

Nota: L_{ra} : Sigla que indica o Nível de Ruído Ambiente

A norma descrita acima é utilizada para analisar condições apropriadas de nível de ruído para ambientes internos e servirá de base para análise de outros parâmetros que serão mostradas a seguir.

3.4.2. OUTROS PARÂMETROS DE DESEMPENHO ACÚSTICO

O atendimento à norma NBR 10152/97 e demais normas, garante o desempenho mínimo de aceitação do nível de ruído para cada ambiente nela descrito.

No meio acadêmico, alguns estudos foram realizados, e com base neles foram criados alguns parâmetros para avaliação de desempenho de acordo com a atividade.

Para efeito de comparação com a norma, segue a tabela abaixo que aponta o nível de conversação.

Tabela 3 - Valores de NIC (Nível de conversação)

Distância m	NÍVEL DE CONVERSAÇÃO (dB/oitava)			
	Normal	Elevado	Muito elevado	Extremamente elevado
0.15	71	77	83	89
0.30	65	71	77	83
0.60	59	65	71	77
0.90	55	61	67	73
1.20	53	59	65	71
1.50	51	57	63	69
1.80	49	55	61	67
3.60	43	49	55	61
7.20	37	43	49	55

Fonte: DE MARCO, C.S. "Elementos de Acústica Arquitetônica". São Paulo: Editora Nobel, 1982. – pág. 56

O NIC (**Nível de Interferência na Conversação**) determinado no interior de um espaço, VIANNA (2006), aponta que deve ser utilizado

[...] como índice para avaliar a possibilidade de se estabelecer comunicação verbal, de se usar o telefone e, ainda, como elemento para determinar qual a redução do nível que se torna necessário, objetivando tornar possível uma determinada inteligibilidade nas comunicações.

Para efeito de conhecimento, segundo Cordeiro e Slama (2004, p.43)

[...] “privacidade da fala é dita confidencial quando a fala pode ser ouvida, mas não pode ser entendida. E é considerada normal quando não provoca distrações, sendo necessário algum esforço para compreendê-la. Devemos ressaltar que a falta de comunicação não origina diretamente a privacidade, isto é, comunicação e privacidade não são conceitos opostos, e sim, complementares. Entre a condição de comunicação e a condição de privacidade existe uma condição intermediária onde coexistem certo grau de privacidade e certo grau de comunicação”

Repare na tabela que, para uma distância de aproximadamente 0,90m, que seria uma distância normal de conversação entre pessoas num escritório ou entre supervisores e atendentes até mesmo de um *Callcenter*, o limite normal do nível de conversação é de 55 dB, e que a 7,20m distante da fonte do ruído, 55 dB é um nível de intensidade sonora considerado extremamente elevado na tabela, ao considerar que, a cada 10m da fonte do ruído, o decréscimo do nível sonoro é de 6 dB, teríamos então na fonte um valor de nível sonoro aproximado de 61 dB. Este valor é fixado em função do fator “inteligibilidade²”.

Na NBR 10152/97, estabelece também que para escritórios de atividades diversas, o nível de ruído apropriado ocupa um intervalo de 45 a 55 dB(A), assim como, o estudo de De Marco (1982) e os valores da norma referem-se a um mesmo índice, que também é encontrado na tabela seguinte, desenvolvida por Miñana (1969).

² Inteligibilidade: “significa a porcentagem da articulação, ou seja, o quão bem as pessoas ouvem o que é falado” (Vianna; 2006)

Tabela 4 - Níveis de intensidade da voz (traduzida pela autora)

	Nível Sonoro em dB	Intensidade w/cm²
Nível mínimo, cochicho	20	10^{-8}
Homem conversando tranquilamente	30	10^{-11}
Mulher conversando tranquilamente	25	$3,15 \times 10^{-13}$
Homem conversando normalmente	55	$3,15 \times 10^{-11}$
Mulher conversando normalmente	50	10^{-11}
Homem falando em público, sem esforçar-se	65	$3,15 \times 10^{-11}$
Mulher falando em público, sem esforçar-se	60	10^{-10}
Homem falando em público, esforçando-se	75	$3,15 \times 10^{-10}$
Mulher falando em público, esforçando-se	70	10^{-9}
Grito de Homem	85	$3,15 \times 10^{-9}$
Grito de Mulher	80	10^{-8}
Potência máxima	90	10^{-8}
Canto por um profissional	80	10^{-7}

Fonte: Miñana (1969, p. 93)

Esses valores concluem que, se em um ambiente, apenas a conversação gera um ruído se aproximadamente 55 dB (52 dB(A) para uma freqüência de 500hz), se somado às outras fontes de ruídos citadas, alcançaria níveis de ruídos ainda maiores, embora atualmente, foram feitos grandes investimentos para redução de ruído gerado pelos diversos equipamentos.

É possível observar que, uma mulher, ou um homem conversando normalmente, enquadra-se no intervalo de 50 dB a 55 dB, portanto 48 dB(A) e 52 dB(A) para uma freqüência de 500hz.

Para que essas comparações sejam mais bem entendidas, é preciso considerar uma redução de 3 dB para uma freqüência média de 500 Hz para os valores citados nessa

tabela, pois os mesmos estão em dB e não em dB(A). O mesmo pode ser considerado para as tabelas anteriores.

Essa redução corresponde a rede "A" de ponderação – dB(A). É importante destacar que um material absorve sons medidos em dB e o ouvido humano "escuta" dB (A), devido a fatores psicofisiológicos. O "A" se refere a um tipo de filtro de ponderação, que leva em conta a não linearidade do ouvido em frequência.

Para corrigir o Nível de Intensidade Sonora Física – dB, para o Nível de Intensidade Sonora percebido pelo ouvido humano dB (A) é preciso fazer correções para mais e para menos dependendo da frequência. Esta correção pode ser observada na tabela abaixo.

Tabela 5 - Filtro (A) de Ponderação para transformar dB em dB (A)

F (Hz)	(A)
31.5	- 39
63	- 26
125	- 16
250	- 9
500	- 3
1000	0
2000	+ 1
4000	+ 1
5000	- 1

Fonte: Vianna (2006) Informação verbal.

Se a norma estabelece para escritórios de atividades diversas valores de 45 a 55 dB (A) e, portanto o nível médio recomendado passa a ser de 50 dB(A) (Valor recomendado também por diversos pesquisadores) e a soma das diversas fontes de ruídos ultrapassam o valor máximo fixado pela norma, é necessário, por tanto, a implantação de um projeto para tratamento acústico no local, de preferência ainda na fase de projeto, visando atender as necessidades de conforto e bem estar dos usuários.

É importante lembrar que níveis de ruídos inferiores ao exposto pela norma, a ponto de tornar, um ambiente muito silencioso, qualquer “barulhinho” é facilmente percebido, inclusive há a possibilidade de se escutar a própria respiração, o que tornaria um incômodo constante. É necessário assim que se atenda os valores estabelecidos pela norma, para um bom condicionamento acústico do espaço.

Existem também as normas regulamentadoras, porém, segundo Sresnewsky, em entrevista à revista PROJETO, edição 330, de agosto de 2007, “os limites dados pelas Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Emprego são considerados impróprios. A NR nº15 (Atividades e Operações Insalubres) e propõe números muito altos. Irreais para escritórios”.

Estes índices podem ser observados na tabela que se segue:

Tabela 6 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível	Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas	96	1 hora e 45 minutos
86	7 horas	98	1 hora e 15 minutos
87	6 horas	100	1 hora
88	5 horas	102	45 minutos
89	4 horas e 30 minutos	104	35 minutos
90	4 horas	105	30 minutos
91	3 horas e 30 minutos	106	25 minutos
92	3 horas	108	20 minutos
93	2 horas e 40 minutos	110	15 minutos
94	2 horas e 15 minutos	112	10 minutos
95	2 horas	114	8 minutos
		115	7 minutos

Fonte: Silva (2002)

3.5 TEMPO DE REVERBERAÇÃO (T)

3.5.1 CONCEITO

Tempo de reverberação “é o tempo necessário para que a densidade média de energia contida num volume caia do seu valor inicial, a partir do instante em que a fonte de excitação for extinta”. (SILVA, 2002, p.129). Assim, o tempo de reverberação (T) é o maior responsável pela boa ou má acústica de um ambiente.

3.5.2 UTILIZAÇÃO

Após conhecido o ruído médio admissível nestes espaços, é preciso conhecer o tempo ótimo de reverberação adequado para o mesmo, pois os valores variam para cada tipo de sala e volume.

“Este tempo de reverberação varia em função do volume do recinto, existindo, para cada ambiente, com um som específico, um lugar geométrico dos tempos de reverberação considerados ótimos. De modo geral, à medida que se aumentam os volumes dos locais, também se incrementam os tempos de reverberação dos mesmos”. (SILVA, 2002, p.132).

O gráfico a seguir indica as diversas linhas representativas dos tempos ótimos de reverberação das salas, na frequência de 512 Hz. Observe que, para a palavra falada é utilizado a linha denominada ‘conferência’.

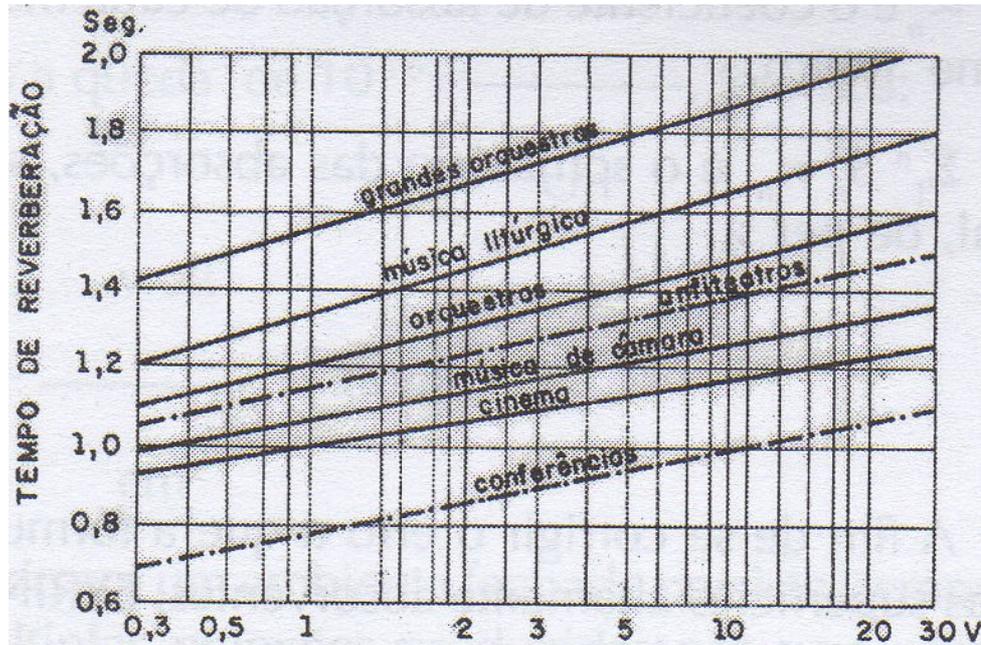


Gráfico 3. Tempos ótimos de reverberação

Fonte: Silva (2002)

É importante ressaltar que “entre as freqüências de 100 e 512 Hz, o tempo de reverberação varia sensivelmente em função da freqüência. Acima de 512 Hz ele é constante para todas as freqüências” (SILVA, 2002 p.131). A faixa de freqüência da fala humana fica entre 500 Hz a 4.000 Hz e assim pode-se concluir que, é por isso que em vários estudos utilizam-se os cálculos sobre 500 Hz como freqüência média a ser considerada.

3.5.3 CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO (T)

Para cálculo do Tempo de Reverberação (T), primeiramente verifica-se o uso do recinto e o volume em metros cúbicos que ele apresentará, para, a partir daí, conhecer o valor de (T) através da utilização de duas fórmulas conhecidas:

- **Fórmula de Sabine:** fórmula empírica, desenvolvida e adotada pelo professor norte-americano W.C.Sabine.

$$T_r = \frac{0,161 V}{\sum S_n \cdot \alpha_n}$$

onde:

T_r é o tempo de reverberação, em segundo;

V é o volume do auditório ou sala, em m^3 ;

S_n é a superfície dos diversos materiais usados no interior do local, em m^2 ;

α_n é o coeficiente de absorção de cada material, em porcentagem sobre o *Sabine* metro

- **Fórmula de Eyring:** utiliza para cálculo de T em ambientes altamente absorventes para corrigir o erro que a fórmula de *Sabine* nos conduz, apresentando uma fórmula um pouco mais elaborada.

$$T_r = \frac{0,161 V}{-S \ln(1 - \alpha_m) + xV}$$

onde:

T_r , S , e V são os mesmos da fórmula anterior;

α_m é o coeficiente médio de absorção das diversas superfícies internas;

\ln o logaritmo neperiano da expressão $(1 - \alpha_m)$;

x é o coeficiente de absorção para o ar;

O coeficiente médio de absorção é dado pela fórmula:

$$\alpha_m = \frac{\sum S \alpha}{S}$$

De acordo com Silva (2002, p.131), “Quando o coeficiente médio de absorção for inferior a 0,5, em ambientes pouco absorventes, emprega-se a fórmula de *Sabine* e, quando for superior a esse valor médio, em salas altamente absorventes, emprega-se a fórmula de *Eyring*”.

Assim, pode-se concluir que, como nos edifícios de escritórios não se requer ambientes muito absorventes, como no caso os estúdios de gravação, pode-se utilizar a fórmula de *Sabine*.

3.6 COEFICIENTES DE CLASSIFICAÇÃO DA ABSORÇÃO E ISOLAMENTO

Os coeficientes de classificação da absorção e isolamento são utilizados para verificar o desempenho do material em função de uma frequência ou de uma faixa de frequência, conforme pode ser analisado nas especificações a seguir.

- **NRC (Noise Reduction Coefficient)** - Coeficiente de Redução de Ruído ou índice de Redução Sonora - é um sistema de classificação de número único para coeficientes de absorção na faixa de frequência da voz. O NRC de um material acústico é a média aritmética dos coeficientes de absorção a 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz (Faixas centrais da sensibilidade do ouvido humano) para o múltiplo mais próximo de 0,05. (NOGUEIRA, 2002)
- **α_w (Coeficiente de absorção sonora ponderado)** - O coeficiente α_w representa, em um índice único, uma estimativa da absorção média ponderada de produtos em uma faixa de frequência maior do que a do NRC, compreendido entre 125Hz a 4000Hz. Para ambientes com características especiais, deve ser usado o conjunto completo de dados de absorção em função da frequência³.

[...] “O α_w se obtém por ajuste ponderado duma curva de referência usando as bandas de oitava dos 250Hz aos 4000Hz. Traça-se a curva dos valores de α por banda e determina-se a soma dos desvios positivos entre uma curva de referência móvel e os valores reais. O valor de α_w é o valor lido para os 500 Hz na curva ajustada de modo a que a soma dos desvios positivos seja a mais elevada possível sem ultrapassar os 0,10. Sempre que o α medido excede o do valor de referência em 0,25 ou mais, acrescenta-se uma letra

³ Especificação obtida nos catálogos de fabricantes de materiais utilizados para tratamento acústico.

“indicadora de forma” entre parêntesis (L, M ou H4)”. (CARVALHO, 2008, p.1).

O fabricante de forros Armstrong explica ainda em seus catálogos que o α_w é um

[...] “Índice da incidência aleatória de coeficientes de absorção acústica determinados de acordo com EN ISO 11654. Com este métodos os valores obtidos de acordo com a norma EN ISO 20354 são convertidos em bandas de oitava a 250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz e desenhados num gráfico. Uma curva standard de referência é então colocada perante os valores medidos até ser obtido o valor mais adequado. O valor derivado de α_w vai variar entre 0.00 e 1.00 mas é somente expresso em múltiplos de 0.05 por ex. $\alpha_w = 0.65$ ”.

- **STC (Sound Transmission Class)** – Classe de Transmissão Sonora – valor que descreve como divisórias, barreiras acústicas, portas, janelas e outros produtos, previnem a passagem do som pela mesma. Derivado da Perda de Transmissão – TL (Transmission Loss) - Baixa Transmissão. (NOGUEIRA, 2002).

O fabricante de forros Armstrong explica também em seus catálogos que o α_w é um

[...] “Índice da perda de transmissão de som transportado pelo ar medido em laboratório. É calculado de acordo com a ASR 413-87 usando valores de perda de transmissão de som medidos de acordo com ASTM E 90-90 sobre uma gama de frequência 125-4000 Hz”.

- **Rw (Índice de Redução Acústica)** – Coeficiente de Redução de Ruído ou Índice de Redução Acústica - representa, em um índice único, uma estimativa do isolamento médio de um produto. O R_w é calculado com base na comparação entre os valores R medidos (16 valores para 16 intervalos de 1/3 oitava, de 100 Hz a 3150 Hz) e uma curva de referência. Para ambientes com características especiais, deve ser usado o conjunto completo de dados de isolamento em função da frequência.⁵

⁴ Segundo arquiteta Márcia Kimura a letra L, significa Low (baixo), a letra M Médio e a letra H High (alto). (informação pessoal).

⁵ Especificação obtida nos catálogos de fabricantes de materiais utilizados para tratamento acústico.

De maneira resumida as classificações podem ser assim entendidas:

Tabela 7 - Coeficientes e índices de classificação

NRC	Coeficiente de absorção sonora	Padrão norte-americano *
α_w	Coeficiente de absorção sonora ponderado	Padrão europeu *
STC	Índice de isolamento acústico	Padrão norte-americano
R_w	Índice de isolamento acústico ponderado	Padrão europeu
CAC	Índice de isolamento de forro	Padrão norte-americano
$D_{n,c,w}$	Índice de isolamento de forro ponderado (varia de 27 dB a 42 dB**)	Padrão europeu

* Padrões utilizados no Brasil.

** Complementado pela autora.

3.7 ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS E MATERIAIS

Como visto anteriormente, para cálculo do tempo de reverberação, é preciso conhecer o coeficiente de absorção de cada material utilizado no ambiente para se obter o α_m (coeficiente médio de absorção das diversas superfícies internas).

Assim, é preciso conhecer os materiais utilizados para tratamento acústico para sua escolha de acordo com os coeficientes de absorção. Conhecer também os elementos que se utilizam na organização do espaço de projeto também são importantes para se conseguir um resultado satisfatório.

O grau de privacidade acústica entre as estações de trabalhos existentes nos *layouts* do tipo *open plan* está diretamente relacionado com os elementos arquitetônicos existentes em suas formas, dimensões e acabamentos.

Dependendo da situação encontrada, cada elemento é que vai estabelecer o quanto o nível de ruído proveniente das estações vizinhas ultrapassa o nível de ruído de fundo, fazendo que se torne inteligível ao ouvinte locado em uma estação.

Estes ruídos provenientes da fala humana e das atividades exercidas pelo usuário em uma estação de trabalho, podem ser alterados à todo instante de acordo com a intensidade da

voz, atenuações e reflexões resultante dos elementos arquitetônicos e suas superfícies e do nível de ruído de fundo que está sendo gerado pelos equipamentos ou sistema eletrônico de mascaramento.

Como em qualquer ambiente, a especificação dos materiais relacionados ao conforto acústico, deve levar em consideração o uso, as atividades que serão exercidas no espaço, a sua dimensão e é claro, o nível de absorção e isolamento sonoro desejado.

Para a escolha de um material, algumas propriedades básicas devem ser levadas em consideração: “quanto mais leve e mais poroso, mais absorvente e menos isolante e quanto mais denso, compacto e rígido, mais isolante e menos absorvente”. (SILVA, 2002, p.124)

Também quando dizemos que o coeficiente de absorção de um tapete é $\alpha = 0,1$, para uma determinada frequência, isto significa que 10% da energia sonora incidente do tapete é absorvida, ou melhor, não retorna ao recinto. O restante transforma-se em energia mecânica ou calorífica ou transmitindo-se para o outro lado.

Ainda segundo Silva (2002, p.150), os revestimentos podem ser classificados em três categorias:

- **Muito refletores:** pinturas, mármore, todas as películas muito finas aplicadas sobre a alvenaria; cujos coeficientes de absorção, em Sabine metro, são da ordem de $1/100$ ($\alpha < \text{ou} = 0,01$);
- **Ligeiramente absorventes:** pintura fosca granulada, papel pintado poroso, tapeçaria, lambris de madeira, etc., cujos coeficientes médios de absorção são superiores a $1/100$ ($\alpha > 0,01$);
- **Muito absorventes:** painéis perfurados (ou não) cobrindo colchão de lã de vidro, lã mineral (lã de rocha), produtos porosos, cujos coeficientes médios de absorção podem ser superiores a $5/100$ ($\alpha > 0,5$), entre 128 e 1096 Hz.

O conhecimento dos materiais de acordo com a classificação acima não se faz presente por parte de muitos arquitetos, excluindo aqui aqueles que trabalham com acústica, e nem por

parte do público leigo, de acordo com uma pesquisa realizada por Duarte, et al. (2007). Conforme se pode observar no gráfico abaixo, muitos materiais são citados e que não apresentam nenhum tipo de contribuição acústica, seja ela de absorção ou isolamento.

Gráfico 4 - Materiais considerados com bom desempenho acústico de acordo com o público leigo

Fonte: DUARTE, et al. (2007)

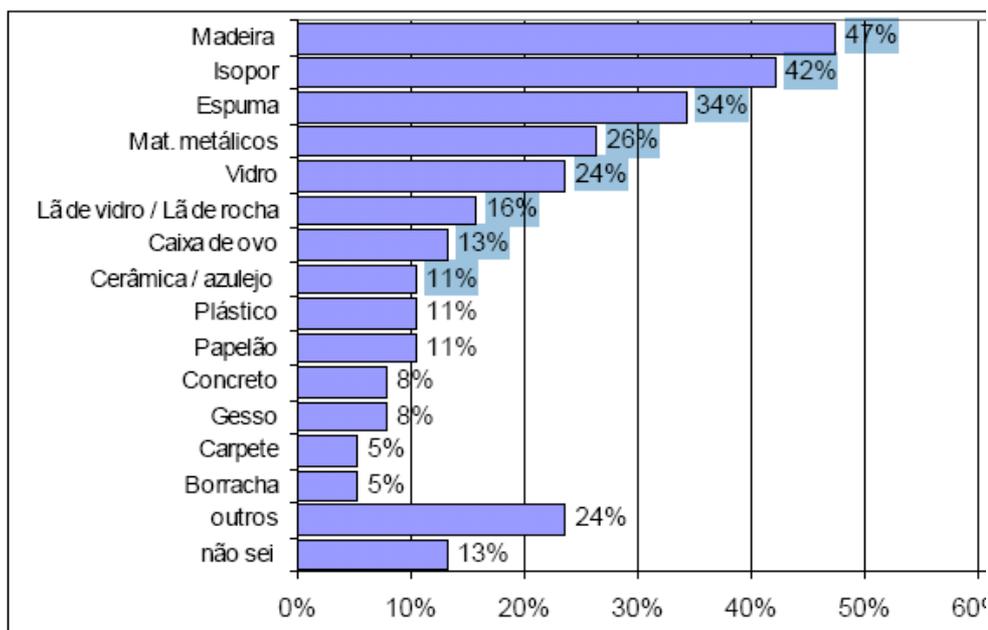
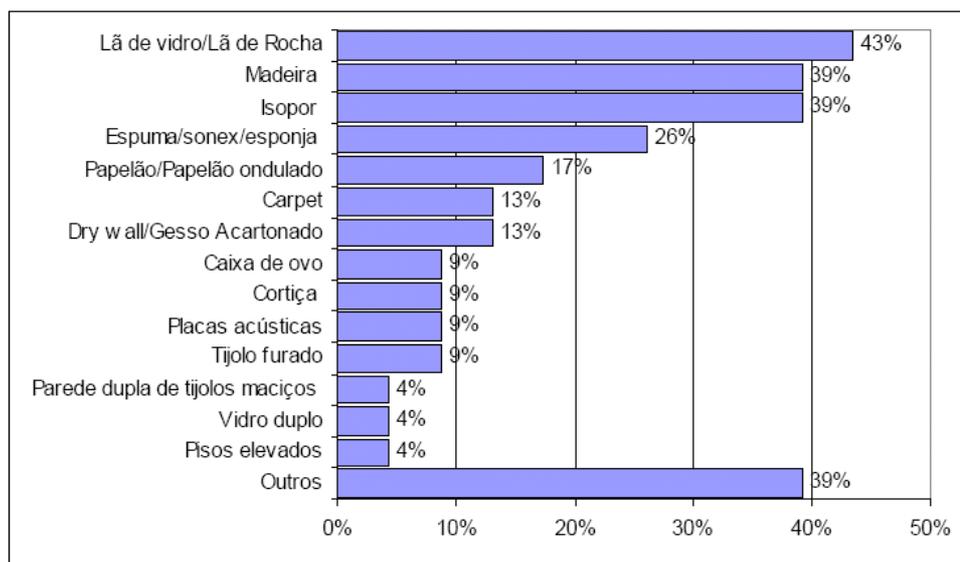


Gráfico 5 - Materiais considerados com bom desempenho acústico de acordo com o grupo da área de arquitetura

Fonte: DUARTE, et al. (2007)



Observa-se que o isopor foi muito citado em ambos os questionários, e ele em nada contribui para um tratamento acústico e sim como isolante térmico. A caixa de ovo também foi lembrada, porém é mais um mito existente na área de acústica, pois sua utilização irá contribuir com muito pouco em relação à estética e perigos por ela oferecida.

Outra dúvida existente entre muitos profissionais está na diferença entre lã mineral e fibra mineral. A Arquiteta Marta⁶ Kimura, consultora de AMF, em entrevista para esta pesquisa, esclarece que

[...] “as lãs minerais são formadas por filamentos entrelaçados, fios entrelaçados que podem se soltar com o tempo, principalmente em ambientes de muita trepidação. No caso da fibra mineral, o processo é chamado WETFELT (na AMF), é uma massa úmida que passa por esteiras onde essa umidade é retirada, seguindo para os fornos e acabamentos finais.

A diferença é que a lã mineral é formada de filamentos soltos e entrelaçados e a fibra mineral é uma massa consistente, que não tem o mesmo perigo de soltar partículas como nas lãs.

Além do que a lã de vidro é muito mais leve do que a fibra mineral e geralmente necessita presilhas para fixação dos painéis para que eles não “voem” quando do abrir e fechar de portas e janelas”. (informação pessoal).

Para conhecimento dos coeficientes de absorção sonora de alguns materiais presentes nas edificações de escritórios, e sobre qual deve ser escolhido, a tabela a seguir aponta coeficientes de absorção sonora (α) para as três faixas de frequência (baixa, média e alta).

⁶ Marta de Albuquerque Kimura é arquiteta e urbanista e consultora técnica da Knauf AMF Forros do Brasil Ltda.

Tabela 8 - Coeficientes de absorção sonora de alguns materiais presentes nas edificações de escritórios

Item	Descrição da Superfície	Frequência			Referência ⁷
		128 Hz	512 Hz	2048Hz	
1	Adulto sentado em poltrona simples	0,23	0,39	0,46	K&H
2	Adulto em pé	0,33	0,38	0,93	K&H
3	Adulto em poltrona estofada	0,28	0,42	0,46	K&H
4	Borracha em rolos (ABNT)	0,04	0,08	0,03	ABNT
5	Carpete simples	0,12	0,10	0,10	ABNT
6	Carpete simples torrado	0,10	0,25	0,40	K&H
7	Chapa de madeira compensada – 50mm	0,20	0,26	0,12	MDL
8	Chapa de madeira compensada –	0,30	0,06	0,02	MDL
9	Cimentado (piso ou parede)	0,100	0,012	0,012	ABNT
10	Climaver lã de vidro – SGV - ISOVER	0,03	0,63	1,1	DI-SGV
11	Espelho d'água	0,08	0,013	0,02	RAV
12	Estuque ou gesso simples	0,035	0,03	0,028	RAV
13	Gesso acústico, perfurado com lã de	0,50	0,92	0,47	JBCEL
14	Janela aberta ou vazia	1,00	1,00	1,00	MDL
15	Lã de rocha – MS – 20 e 32	0,40	0,70	0,76	IPT
16	Lã de vidro, protegida com tecido e-25	0,22	0,57	0,70	IPT
17	Parede de alvenaria, rebocada e caiada.	0,028	0,025	0,03	EUSA
18	Pisto fibra (lã de vidro jateada)	0,07	0,64	0,89	IPT
19	Porta/Madeira compensada, envernizada.	0,05	0,03	0,03	EUSA
20	Reboco de gesso em alvenaria	0,02	0,02	0,04	MDL
21	Reboco de vermiculita	0,23	0,37	0,48	MDL
22	Tijolos comuns com argamassa fina	0,13	0,02	0,03	AIS
23	Tijolos vazados 60,0kg/m ³	0,05	0,28	0,32	RAV

Fonte: Silva (2002) – descrições parciais

⁷ Referências: Fabricantes e/ou laboratórios e relatórios de teste: **K&H** – Knudsen Harris – Acoustical Designing in Architecture John Wiley & Sons, INC. 1950 / **ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas / **MDL** – Média Diversos Laboratórios / **DI-SGV** – Divisão Isover – Saint Gobain Vidros / **RAV** – Revista Acústica e Vibrações, da Sobrac, N12 – Junho de 1993 / **JBCEL** – J. Batista, C. Reixach e Fº Ltda / **IPT** – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP / **EUSA** – Eucatex, SP / **AIS** – Architectural Interior System, John, Flynn & Arthur W. Segil, Van Nostrand R. Co. 1970

Silva (2002, p.114) observa o fato de que os materiais devem atender a algumas características técnicas, estéticas e funcionais, para que seja segura a sua utilização em todos os aspectos, cujas são as seguintes:

- É fogo retardante?
- Quanta luz absorve?
- Escurece com o decorrer do tempo?
- É, estruturalmente, resistente?
- É hidrófugo?
- É atacável pelos insetos?
- É passível de abrigar germes ou vermes?
- É atrativo para os roedores?
- Sua aplicação não prejudica a saúde dos operários e/ou usuários?
- Sua aparência é agradável?
- Há facilidade na sua manutenção?
- Qual a durabilidade? Desgasta-se facilmente?
- Qual o seu grau de absorção ou de reflexão sonora?
- Qual o seu custo-benefício?

Em se tratando de edifícios de escritórios, sob a escolha de quais revestimentos devem ser utilizados, Silva (2002, p.150), afirma que:

[...] “Os revestimentos deverão ser escolhidos de modo que a média dos coeficientes de absorção para *halls*, corredores, caixas de escadas, etc. não seja inferior a 0,15 e, para os compartimentos principais do prédio, que não seja inferior a 0,40 (o que corresponde a um tempo de reverberação de + ou – 1 segundo para uma sala de 4 x 4m)”.

Em ambientes como os “*halls*, corredores e caixas de escada, fora das salas mais importantes, verificaremos que os seus revestimentos influem na transmissão dos sons à distância, o que redundará em prejuízo para a acústica interna do prédio, pela geração dos ecos palpantes” (SILVA, 2002, p.150).

4. TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE RUÍDO AÉREO EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS



Os escritórios panorâmicos, como se sabe, são ambientes corporativos que tem como característica principal a rapidez de fluxo de informações e documentos, garantido pela flexibilidade de layout, possibilitando a integração de equipes.

O formato de organização do mobiliário, das divisórias, da disposição de pessoas e dos demais sistemas integrados de tecnologia, utilizados nos escritórios panorâmicos, vem amplamente sido utilizado até hoje, caracterizando a tipologia mais empregada nos projetos exigidos pelo mercado. Dado esta grande utilização, surgem algumas preocupações que demandam soluções acústicas imediatas. Para isto este trabalho irá apontar os materiais e as técnicas utilizadas para tal, compreendidas por:

- Forros Acústicos;
- Barreiras Acústicas;
- Tratamento de Paredes;
- Pisos;
- Layout e Mobiliário;
- Vidros Acústicos;
- Tratamento dos Ruídos gerados pelo Ar Condicionado;
- Mascaramento Sonoro

Neste item serão apresentados todos os elementos encontrados, sendo estes, forros especiais, divisórias, pisos, revestimento de paredes, layout, vidros, tratamento de ar condicionado e mascaramento sonoro. Esta busca irá documentar e verificar quais desses materiais informam aos especificadores às seguintes questões:

- Descrição do produto;
- Normatização;
- Empresas fornecedoras;
- Custo dos materiais;
- Formas de utilização de um produto ou de uma técnica;
- Níveis de controle;

- Recomendações de utilização, armazenagem e segurança;
- Tecnologias possíveis de serem incorporadas nos produtos;
- Demais características.

4.1 FORROS ACÚSTICOS

4.1.1 DESCRIÇÃO

CHAVES (1999) descreve que

[...] “O forro pode ser descrito como uma barreira utilizada no interior das edificações, entre a cobertura e os ambientes, com uma diversidade de funções como acabamento interior, isolamento térmico, absorções sonoras, delimitação espacial, ocultação de redes de instalação hidráulica ou elétrica, entre outros”.

4.1.2 LOCAL DE INSTALAÇÃO

Dentre todos os elementos arquitetônicos existentes, o teto é a principal área de reflexão dos sons gerados dentro de um ambiente. Assim, a escolha do forro a ser utilizado sob o teto, local de instalação, merece uma atenção especial e torna-se assim um elemento primordial, mas ao contrário do que se imagina, não deve ser o único local a receber tratamento com materiais acústicos.

4.1.3 NORMATIZAÇÃO

Para a fabricação destes forros, de acordo com a matéria publicada na Revista AU, de fevereiro de 2007, as empresas devem atender a **NBR 9442 / 1986 - Materiais e Construção: Determinação do Índice de Propagação Superficial de Chama em Materiais de Construção**, cujos parâmetros contidos garantem o desempenho à resistência ao fogo (propagação de chamas) dos forros acústicos, sendo classificados nas classes de “A” a “E” de proteção contra o fogo, sendo “A” mais resistente e “E” menos resistente.

Como a fala é a principal fonte de ruídos nos escritórios tipo *open plan*, a “absorção deve atender especialmente as bandas de freqüências importantes na determinação da inteligibilidade da fala (500 Hz a 4000 Hz)” (NOGUEIRA, 2002, p.19). Além do atendimento à NBR 9442/86 são estas freqüências que norteiam os fabricantes de forro na classificação de seus produtos, principalmente quanto ao índice de NRC.

4.1.4 FORNECEDORES

Empresas fornecedoras de forro acústico, ou seja, de forros com características de absorção sonora, tidas como de maior conhecimento de seus produtos pelos arquitetos e engenheiros, segundo pesquisa realizada pela revista Arcoweb, no prêmio “Top’07 Marcas” são:

- **Isover/ Saint-Gobain**; foi fundada em 1951 como Vidrobrás. Em 1962 seu controle acionário passou ao grupo Saint-Gobain, sendo incorporada a então Companhia Vidraria Santa Marina , atual Saint-Gobain Vidros S.A. , como sua divisão de isolamento termo-acústico em outubro de 1971. Importa alguns tipos de forros da Suécia.
- **HunterDouglas do Brasil**; Fundada em 1970, integra o grupo multinacional holandês Hunter Douglas N. V.
- **Knauf AMF** – Empresa Alemã, presente no Brasil desde maio de 2001;
- **illbruck – SONEXacoustic**; Empresa Alemã, fundada nos anos 50, com instalação no Brasil em 1988,
- **OWAcoustic** – Empresa alemã, fundada em 1949. Atualmente firmou parceria com a Illbruck-Sonex, para fornecer seus materiais no Brasil.

4.1.5 UTILIZAÇÃO

Os forros suspensos são muitos utilizados nos espaços de escritórios para cobrimento visual das instalações de ar condicionado, redes elétricas, hidráulicas ou demais instalações

necessárias, de maneira a criar um espaço entre a laje e o forro, denominado *plenum*, sem perder o acesso a essas instalações (manutenção), e será o forro acústico que deverá apresentar materiais que absorvem parte dos ruídos gerados nesses espaços.

O tipo de forro mais especificado atualmente para espaços corporativos são os forros acústicos suspensos do tipo mineral (fibra ou lã de vidro e de rocha), que apresentam ótimos índices de absorção e estão disponíveis para a utilização nestes espaços.

Antes do surgimento dos forros minerais, Grahl, (informação verbal¹), relata que:

[...] “Na década de 70 e 80, era normal a utilização de forro de eucatex com perfurações. Os forros de lã de vidro da ISOVER também já eram utilizados, mas o acabamento era de PVC, fazendo com que a absorção acústica não fosse superior a 0,45. A lã de vidro e lã de rocha eram utilizadas principalmente em projetos industriais. A partir da década de 90, com a entrada de produtos importados, houve uma melhora significativa do desempenho dos produtos, atrelado às novas opções de acabamento. Isto possibilitou a abertura do mercado e conseqüente utilização nos edifícios de escritórios. Nesta época os forros começaram a apresentar NRC’s superiores a 0,55”.

Segundo Engenheiro Álvaro Villagram², em entrevista à revista Au, edição 168, também na década de 70, eram utilizados forros de gesso nas áreas comerciais.

4.1.6 CARACTERÍSTICAS DE APRESENTAÇÃO

Antes de se conhecer as características de qualquer material acústico, é importante lembrar que, os materiais com maior capacidade de absorção acústica são os que oferecem níveis menores de isolamento, pois ao que se conhece, é muito difícil a existência de materiais com ambas as características e esta relação está presente nos forros minerais, por se apresentarem leves e porosos.

¹ Informação fornecida pelo arquiteto Márcio Grahl Júnior, em entrevista realizada para esta pesquisa. Márcio Grahl Jr é arquiteto e urbanista pela Universidade Anhembi Morumbi. Atuou como arquiteto nas Empresas Isover Saint-Gobain, illbruck-Sonex e atualmente na Perfilor, pertencente ao grupo Arcelor-Mittal. Em todas atuando fortemente na área de conforto ambiental.

² Álvaro Villagran é engenheiro civil e presidente da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall.

Ao utilizar forros adequados, boa parte do som incidente sobre a superfície será absorvida, evitando que este volte, por reverberação, às estações de trabalho de origem ou para as estações vizinhas. Segundo matéria publicada na Revista Técnica, o emprego de forros acústicos permite a absorção de cerca de 15% do ruído interior.

Por ser fabricado com materiais absorvedores do som são comumente chamados de forros acústicos. Estes forros são fabricados com matérias porosas e fibrosos dos quais se obtém um produto de fibra mineral, semi-rígidos, de estrutura micro celulares, que permitem inúmeras reflexões do som dentro de suas cavidades.

A AMF tem seus forros fabricados com lã mineral bio-solúvel (fibra de vidro – areia ou quartzo), argila, perlita (material sintético de origem vulcânica extraída dos rios de lava) (Fig. 19) e aglomerantes orgânicos. A lã mineral e a perlita oferecem além de proteção acústica, resistência contra o fogo de em média 120 minutos.



Figura 19. Imagem de argila, perlita e areia, respectivamente.

Fonte: Diversas

A OWA utiliza uma lã branca obtida a partir de uma mistura de areia, vidro reciclado e lã de rocha domolítica para obter a fibra mineral.

Os forros são produzidos com superfícies de diversas opções de acabamentos: liso ou texturizado, com superfícies microfissuradas simétricas redondas ou quadradas; fissuradas; com bordas não perfuradas ou sem perfurações (Fig.20). Este último, no entanto, tem

valores de NRC bem menores ($NRC = 0,10$ e $0,15$), pois não existem as perfurações que favorecem os índices de NRC. São leves e porosos e por isso são isoladores pouco eficientes. A característica principal está na absorção e conseqüente atenuação sonora.

As superfícies fissuradas são as que oferecem índices de $NRC = 0,55$ a $NRC = 0,65$ e $CAC = 34dB$ e possuem por característica absorver melhor o som em relação a um mesmo painel liso. Atualmente no entanto, alguns fabricantes conseguem fabricar painéis de superfície lisa um pouco mais espessos e com excelente absorção acústica, ou com igual espessura mas com melhores índices de redução sonora.

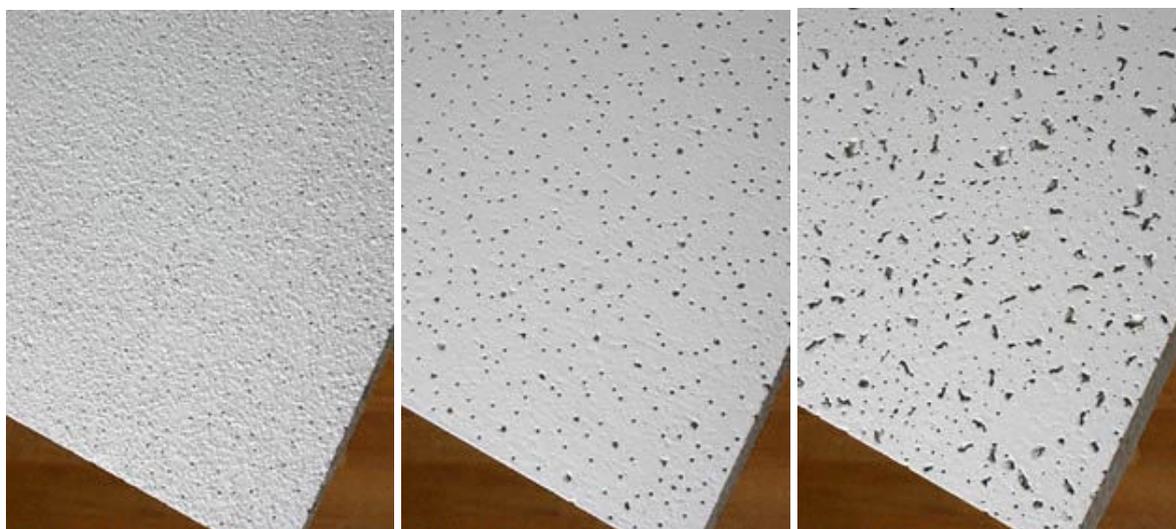


Figura 20. Diversas opções de acabamento: microperfurada com textura, microperfurada e fissurada.

Fonte: <http://www.illbruck.com.br>

Por serem modulares, as placas de forro fabricadas (Fig.21), obedecem ao padrão do mercado:

- Placas com dimensões de 625 x 625 mm;
- Placas com dimensões de 1250 mm x 625 mm.

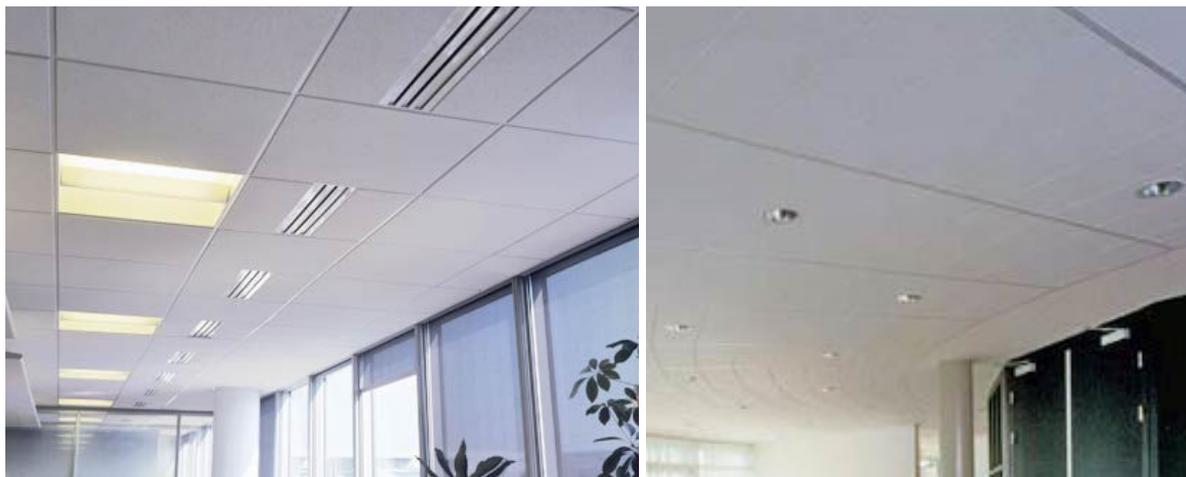


Figura 21. Placas com dimensões de 625 x 625 mm e 1250 x 625 mm.

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

Alem deste padrão, a AMF, empresa especializada na fabricação destes tipos de forros, fornece painéis de forro “Plank” (300 mm x 1800 mm) (Fig. 22), ampliando as possibilidades de paginação. Este formato é muito utilizado em corredores e ambientes amplos, conferindo-lhes novas soluções por dispensar perfis longitudinais e menos quantidade de juntas. Podem ser removíveis ou fixos. Há ainda a possibilidade de combinar este sistema com diversos tipos de rodapés, como cantoneiras metálicas, tabicas ou sanca de gesso liso ou decorativo.

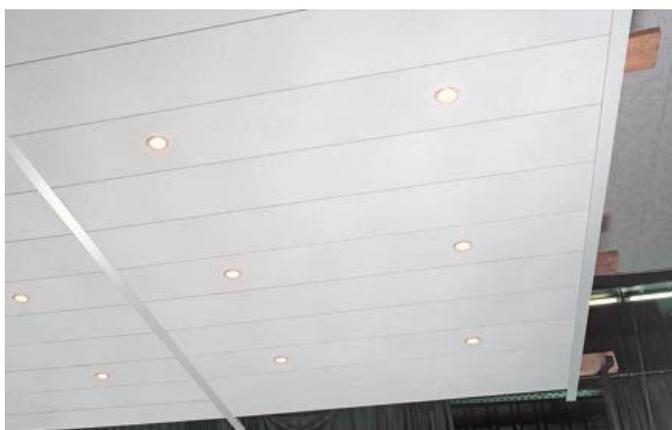


Figura 22. Placas com dimensões de 300 x 1800 mm.

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

Os forros de fibra mineral, segundo seus fabricantes, não apresentam risco de trincas ou de fissuras causadas por movimentações estruturais ou vibrações, por serem simplesmente

apoiados em grade metálica leve, formada pelos perfis ou cantoneiras, não apresentam encontros rígidos. Também não há tratamento de juntas de dilatação como nos sistemas convencionais.

As placas são encontradas com espessuras de 15, 19, 20, 30, 40 ou 50 mm. Os forros acústicos da AMF pesam, em média, 4,50 Kg/m² (painéis com 15 mm de espessura), tendo seu sistema completo cerca de 6,00 Kg/m² (forro mais sistema de fixação).

Os painéis acústicos vêm em embalagens plásticas reforçadas com papelão e os perfis metálicos em caixas de papelão.

Quanto à coloração, normalmente os forros são fornecidos na cor branca, proporcionando melhor refletância luminosa.

A HUNTERDOUGLAS, em seus produtos da linha Armstrong, tem suas placas pintadas em fábrica com tinta vinílica à base de látex. Esta pintura é aplicada em todas as faces do material e inibe o aparecimento de fungos, bactérias e mofo e está disponível no Brasil na cor branca.

A AMF fornece cores personalizadas sob consulta para atender aos mais variados projetos e a OWACOUSTIC mantém o padrão de pintura branca com tinta acrílica branca com pigmentos naturais isentos de solventes.

A illbruck – SONEXacoustic disponibiliza forros na cor branca, com pintura acrílica por processo automático com ação fungicida.

Contudo, uma dificuldade apontada por Grahl foi de que, atribuir cores as placas é algo possível somente se encomendado à fábrica e em grande escala:

[...] “possibilidade existe, mas não existe demanda para isso, principalmente no Brasil, onde o consumo de forro removível anual pode ser suprido tranquilamente por menos de um mês de produção de uma fábrica de forros na Alemanha, por exemplo. No caso de forros pretos para cinemas, a alternativa é adicionar um véu de vidro preto no forro de fibra mineral, de lã de vidro ou de lã de rocha”.
(informação verbal)

Os forros de fibra mineral possuem tratamento de resistência à umidade de em média 90% de resistência à umidade relativa do ar.

Esse tratamento se faz necessário, pois a umidade reduz muito a absorção do material, uma vez que, por capilaridade a água permanece nas microcavidades do forro, preenchendo os vazios, fazendo com que se perca a função de dissipar a energia sonora, por tanto, perde suas propriedades acústicas.

Proteção contra o fogo também é uma característica importante existente neste elemento. A AMF incorporou aos seus painéis a tecnologia THERMATEX®, obtendo resultados satisfatórios de resistência ao fogo, propagação superficial de chamas e emissão de fumaça em testes realizados pelos laboratórios da UNDERWRITER LABORATORIES (UL), nos EUA, e no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

A vida útil para utilização dos sistemas de forros acústicos varia de 10 a 15 anos, dependendo das propriedades adicionais do produto e do fabricante. Esta informação está disponível nas amostras e catálogos de produtos dos mais diferentes fabricantes.

Ao se escolher um forro acústico, além das características a serem observadas apresentadas acima, um critério importante a ser levado em consideração são os valores de NRC e α_w , cujos dados fornecem os coeficientes de absorção sonora, ou seja, classificam o quanto um forro absorve de sons gerados num ambiente e esta classificação e critérios de escolha podem ser mais bem entendidos nos próximos itens.

4.1.7 CLASSIFICAÇÕES

Segundo Nogueira (2002), os testes para avaliar a eficiência dos diversos tipos de forros acústicos, são realizados em campo e em laboratório e os padrões utilizados para classificação destes materiais adotados pelos fabricantes para apontar os níveis de controle acústico (absorção, isolamento e atenuação sonora) são determinados por:

- **NRC (Noise Reduction Coefficient)** – Uma classificação NRC de 0,75 – 1,00 é a indicada para forro específico de escritórios panorâmicos, de acordo com o fabricante de forros HunterDouglas. O NRC é o indicador mais utilizado para o desempenho de um forro na redução de ruídos.
- **AC (Articulation Class)** – A classe de articulação AC classifica o potencial do forro em oferecer privacidade a quem trabalha em escritórios de planos abertos. O índice AC mede a habilidade do forro em absorver ruído em frequências críticas, principalmente conversa de ruído de fundo, que alcança o forro em ângulos que poderiam causar o espalhamento das ondas sonoras sobre os divisores do espaço. A pontuação AC aceita para medir a privacidade normal em escritórios panorâmicos deve ser no mínimo de 170, com 190-210 constituindo o ideal.
- **CAC (Ceiling Attenuation Class)** – A classe de atenuação CAC classifica a eficiência da estrutura como uma barreira do som, medida em dezesseis frequências da fala. É uma medida bastante significativa para fornecer a privacidade acústica principalmente entre áreas adjacentes fechadas, onde o som pode penetrar no *plenum* e se dirigir a outros espaços. A CAC é estabelecida por um valor numérico, sendo o valor mínimo de 25 o aceito para escritórios de planos abertos, enquanto que a pontuação mínima de 35 ou 40 é referida para escritórios fechados.
- **aw (Coeficiente de absorção sonora ponderado)** - O coeficiente aw representa, em um índice único, uma estimativa da absorção média de produtos em uma faixa de frequência maior do que a do NRC, compreendido entre 125Hz a 4000Hz. Para ambientes com características especiais, deve ser usado o conjunto completo de dados de absorção em função da frequência.

Atualmente os forros vêm alcançando NRC de 0.80 e 0.90, lançados recentemente pelos fabricantes, atendendo uma condição ideal de absorção acústica.

4.1.8 CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

De acordo com as recomendações de Grahl (2008 – informação pessoal), é imprescindível que os arquitetos e engenheiros, ao especificarem forros acústicos, exijam dos fornecedores, laudos de ensaios provenientes de laboratórios de institutos de pesquisas, sem vínculo com a empresa, para assim poder certificar a real qualidade do produto, fazendo também com que os fornecedores invistam em tecnologia de maneira a criarem melhores e avançados produtos.

Ainda, segundo a pesquisa realizada por Nogueira (2002), para atingir o máximo de privacidade acústica, a maioria dos consultores recomendam a especificação de forros com índices Ac e NRC maiores possíveis. Valores de Ac = 170 e NRC = 0,75 equivalem-se a uma condição ótima e valores de Ac= 210 e NRC = 0,95 ideal.

Segundo reportagem publicada pela Revista Técnica, a classificação pode ser feita da seguinte maneira:

- Forro acústico de **excelente** absorção acústica: 0,75 a 1,00 NRC;
- Forro acústico de **muito boa** absorção acústica: 0,65 a 0,75 NRC;
- Forro acústico de **boa** absorção acústica: 0,50 a 0,65 NRC.

OBS: Os forros são considerados bons absorvedores acústicos a partir do Índice de Redução Sonora de 0,50.

Segundo Clímaco (2003, p.27), os materiais porosos e fibrosos funcionam melhor para altas frequências, pois:

[...] “quando o ar transita livremente entre os poros destes materiais, o atrito nos poros, a resistência viscosa e a vibração das pequenas fibras, fazem com que parte da energia recebida se transforme em calor. Até uns 95% dessa energia pode ser transformada em calor, dependendo da porosidade do material e da espessura da camada, que por sua vez, guarda relação com o comprimento de onda do som que absorve”.

4.1.9 FORMAS E RECOMENDAÇÕES DE UTILIZAÇÃO, ARMAZENAMENTO E SEGURANÇA

Ao especificar um forro acústico, além da capacidade de absorção a ser escolhido, o arquiteto ou engenheiro deve estar atento na escolha de um forro que permita limpeza e que tenha boa resistência mecânica de seus perfis para que não haja danificações na remoção e substituição das placas e boa resistência mecânica em relação à sua densidade e compactação, com tratamento de borda com elemento enrijecedor, para que não haja grandes índices de quebra de bordas, quinas e placas, segundo recomendações do arquiteto Márcio Grahl Jr (2008) (informação verbal)³

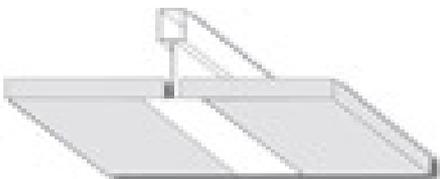
De acordo com Fernando Henrique Aidar, consultor em acústica, em entrevista à revista PROJETO DESIGN, é importante que a paginação do forro e sua modulação, permitam a instalação das divisórias nas mesmas direções que forem instaladas os perfis de sustentação das placas do forro. A compatibilização do forro com os sistemas de ar condicionado, cabeamentos e demais instalações também devem ser previstas, além do uso de proteção acústica nos dutos de insuflamento, quando necessário.

Para fixação dos forros no teto devem ser utilizados perfis metálicos. A utilização destes perfis é que vão servir de apoio para as placas, porém. “Todas as juntas e aberturas onde os painéis são fixados no sistema suspenso, devem ser muito bem selados” (NOGUEIRA, 2002). A fixação destes perfis devem estar a uma distância mínima da laje de 15cm, segundo recomendações da ISOVER.

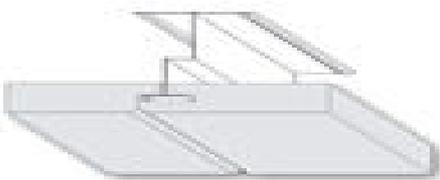
Os fabricantes de forros suspensos possibilitam diversos sistemas de perfis (Fig.23), com possibilidade de formas curvas ou longínquas, com combinação de diferentes tipos de bordas com os diferentes tamanhos de painéis disponíveis na padronização. Assim, o design do forro fica fortemente influenciado pelo tipo de borda (perfis) escolhida.

³ Informação fornecida pelo arquiteto Márcio Grahal Júnior, em entrevista realizada para esta pesquisa.

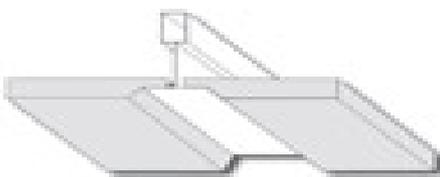
Os perfis da HunterDouglas são fabricados em aço galvanizado com pintura a base de poliéster. De maneira geral, os perfis podem ser classificados da seguinte forma:



Sistema **LAY-IN**⁴: A utilização deste sistema permite que as bordas das placas fiquem retas e alinhadas ao perfil de instalação por baixo, com perfil aparente.



Sistema **MONTAGEM C**⁵: Neste sistema o perfil de sustentação fica embutido, proporcionando um visual mais leve, além de melhor desempenho na absorção acústica, devido ao aproveitamento total da placa.



Sistema **TEGULAR**⁶: Nesta montagem, as bordas das placas são rebaixadas, fazendo com que o perfil de instalação fique em segundo plano, destacando as placas.

Figura 23. Sistemas de apoio das placas nos perfis.

Fonte: <http://www.illbruck.com.br>

Para fixação dos perfis metálicos no teto, pois os forros utilizados nestes espaços são suspensos (ou rebaixados), são utilizados sistemas que se prendem ao teto segurando estes perfis, formados por tirante, pendurais, cabos de aço e suporte reguladores de nível,

⁴ Nomeação dos perfis segundo o fabricante de forros ILLBRUCK Acoustic.

⁵ Nomeação dos perfis segundo o fabricante de forros ILLBRUCK Acoustic.

⁶ Nomeação dos perfis segundo o fabricante de forros ILLBRUCK Acoustic.

que deve ser fixado na travessa de perfil principal, e ser alinhado para o encaixe dos perfis secundários (Fig.24).

Os perfis são encaixados e as placas apoiadas sobre estrutura metálica leve.

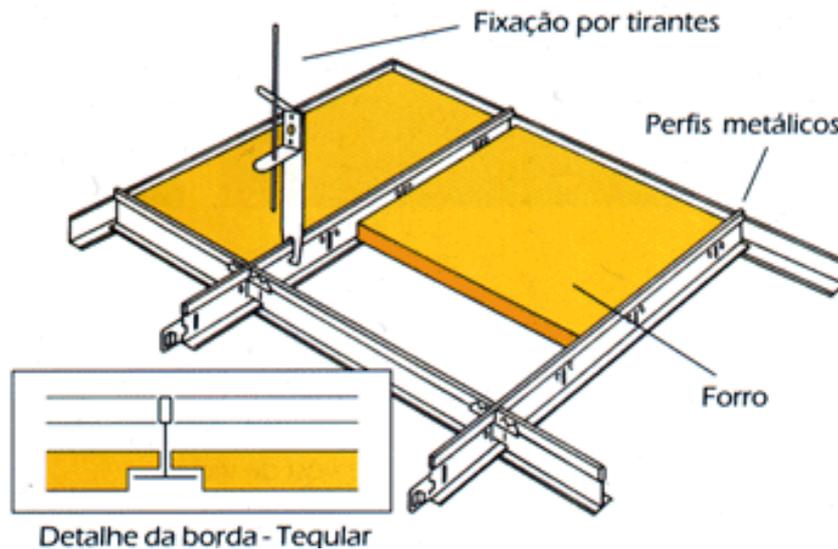


Figura 24. Sistemas de fixação das placas nos perfis com borda do sistema tegular.

Fonte: <http://www.illbruck.com.br>

Segundo o arquiteto Grahl (2008), os perfis mais utilizados nas especificações são o T15 (15mm) e T24 (24m) e há ainda o acabamento das laterais em forma de cantoneira em L, que deve ser feita no mesmo material e dimensões do perfil principal (informação verbal)⁷.

Por estas placas estarem simplesmente apoiadas sobre os perfis metálicos, permite o acoplamento de luminárias, difusores de ar-condicionado, alto falantes e sprinklers, cujas instalações podem ser encontradas *no plenum* (Fig.25).

⁷ Informação fornecida pelo arquiteto Márcio Grahal Júnior, em entrevista realizada para esta pesquisa.



Figura 25: Sistemas de utilização de forros com instalação de luminárias, sprinklers e difusores de ar.

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br> e complementação da autora

Quanto ao sistema de iluminação a ISOVER recomenda o uso de luminárias específicas evitando que a ação do calor das mesmas sobre o forro suspenso possa prejudicá-lo.

Geralmente são utilizadas luminárias acopladas ao forro, do tipo “spot” ou fluorescentes com aletas refletivas que obedecem as modulações dos painéis e dos perfis. A instalação da iluminação com luminárias sobrepostas ou de embutir exigem cuidado no momento de recorte do forro.

Como muitos outros materiais, os forros devem ser mantidos em locais limpos e isentos de intempéries antes de sua instalação. A instalação deverá ser feita após a colocação dos caixilhos e vidros, para que o mesmo não sofra deformações e desencaixes originados pelos fortes ventos. Os sistemas de ar condicionado e climatização deverão estar preferencialmente em operação.

Segundo recomendações da AMF, os forros de fibra mineral não podem ser utilizados em áreas externas, abaixo de coberturas que não utilizam proteção térmica apropriada, como por exemplo, abaixo de telha cerâmica, de fibrocimento ou cimento-amianto, metálica e em área com umidade relativa do ar superior ao limite do produto.

Isto se justifica pelo fato dos forros serem desenvolvidos em países de clima mais frio e mais seco com intuito de fornecer apenas proteção acústica e não térmica, além de que não

deve haver passagem de umidade do telhado para o forro, fazendo que estes fatores danifiquem o produto, porém, algumas empresas desenvolveram produtos com resistências diversas à umidade, segundo entrevista realizada pela revista AU ao engenheiro Fernando Ferreira de França da F3 Construtora, especializada na execução de forros acústicos, mas mesmo assim seu uso não é recomendado.

4.1.10 CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS

Visando garantir diferenciação de seus produtos e maior desempenho, os fabricantes incorporaram novas características e componentes aos seus produtos.

A ISOVER disponibiliza assim um forro, na linha PRISMA, constituído por lâ de vidro revestido com véu de vidro incolor na face posterior e revestido com véu de vidro decorativo na face aparente, com 25 mm de espessura, com duas opções de acabamento (Fig.26):

- Plus – véu de vidro pintado de branco;
- High – véu de vidro pintado de branco, texturizado, com detalhes em cinza.

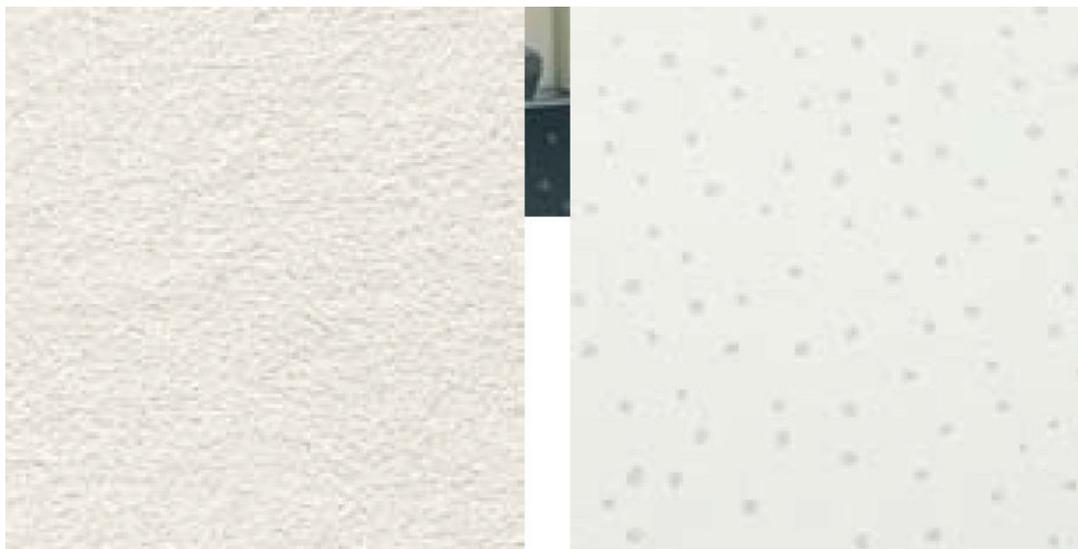


Figura 26: Placas de lâ de vidro com véu de vidro PLUS e HIGH respectivamente.

Fonte: <http://www.isover.com.br>

Utiliza-se o véu de vidro para melhorar o acabamento superficial dos forros. Trata-se de uma manta muito fina, também chamada de véu de superfície. É muito usado com o objetivo de esconder as fibras de vidro, ou seja, usado pra não deixar que os desenhos da fibra apareçam na superfície. Este véu tem a propriedade de aumentar a resistência ao ataque químico, permitindo a durabilidade da peça e resistência contra soluções alcalinas e ácidas. Os filamentos de vidro usado na fabricação deste véu são tratados com resinas sintéticas formuladas para dar compatibilidade tanto com resinas poliéster ou epóxi.

Estes forros de lã de vidro também obedecem às dimensões de 1.250 mm x 625 mm e 625 mm x 625 mm (meia placa) como os forros minerais. São mais leves, pesando 2,00Kg/m², com espessura de 25 mm, com NRC de 0.85, conforme especificação do fabricante que segue:

Tabela 9 - Desempenho acústico do Forro Prisma

Performance Acústica							
Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
Espessura de 25mm	0,66	0,74	0,79	0,90	0,87	0,89	0,85

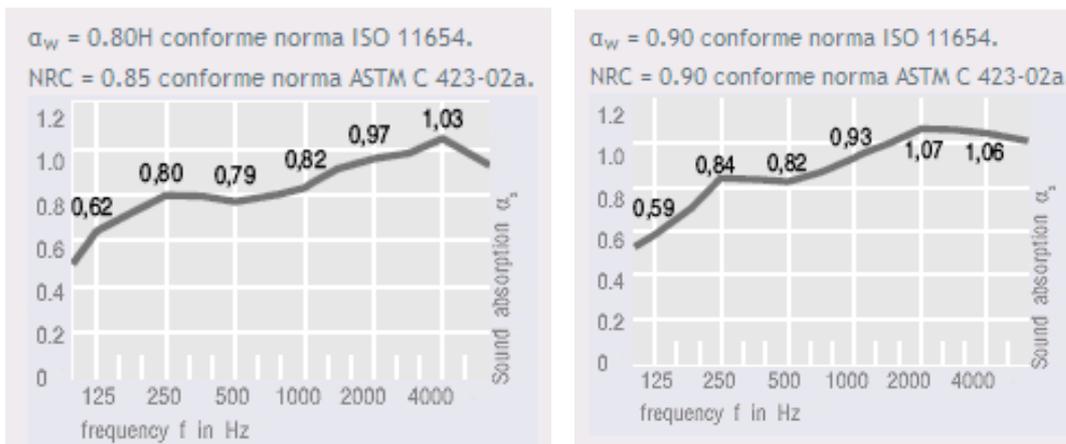
Resultados testados e certificados pelo IPT/SP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

Fonte: Catálogo Isover

A KNAUF AMF produz também uma placa revestida com véu de vidro, mas esta placa é constituída de fibra mineral (forro mineral), que são os tipos de forros mais utilizados em espaços corporativos.

Atualmente esta mesma empresa lançou mundialmente o forro THERMATEX THERMOFON® de 15mm de espessura com NRC de 0.85, α_w de 0.80 e CAC de 26dB, e o THERMATEX ALPHA®, de 19mm de espessura com NRC de 0.90, α_w de 0.90 e CAC de 26dB, nos tamanhos padrões, qualificando como uma boa opção de especificação para ambientes de escritórios. Estes valores podem ser verificados nas tabelas a seguir.

Gráfico 6. Desempenho do Forro THERMATEX THERMOFOND e THERMATEX ALPHA respectivamente



De acabamento liso, sem perfurações, sem presença de lã de vidro, amianto ou formaldeídos em sua composição, estes forros são fabricados a partir de lãs minerais, perlita, argila e aglomerantes orgânicos, pelo processo *wetfelt* (conforme descrito anteriormente).

A HUNTERDOUGLAS, em sua linha de forros ARMSTRONG, dispõe de forros acústicos produzidos em fibra de vidro, com uma membrana DuraBrite® acusticamente transparente, de alta durabilidade, resistência e proporciona alta refletância de luz, reduzindo custos de iluminação e energia de 18%, segundo fabricante.

Podendo ser utilizados em ambientes corporativos, estes forros são denominados Forro Optima Vector® e Forro Ultima Vector®. Apresentam NRC de 0,90 e um CAC de 190, de 24mm, conforme tabela a seguir:

Tabela 10 - Informações para especificação do Forro Ultima Vector®

Seleção Visual				Seleção de Desempenho						
FACE DO PERFIL	DETALHE DAS BORDAS	NÚMERO DO ITEM	DIMENSÕES	CLASSIFICADO POR UL ACÚSTICA		RESISTÊNCIA AO FOGO	RESISTÊNCIA À DEFORMAÇÃO	REFLEXÃO DE LUZ	CUSTO DE INSTALAÇÃO	
				NRC	CAC					
ULTIMA	Vector	00000	625x625x15mm	0.90	190	Classe A		0.90	\$\$	

Resistência à Deformação
 4 pingos / HuntGuard Max
 3 pingos / HuntGuard Plus
 Resistente a 95% de umidade relativa de ar a uma temperatura de até 40°

Alta Refletância da Luz

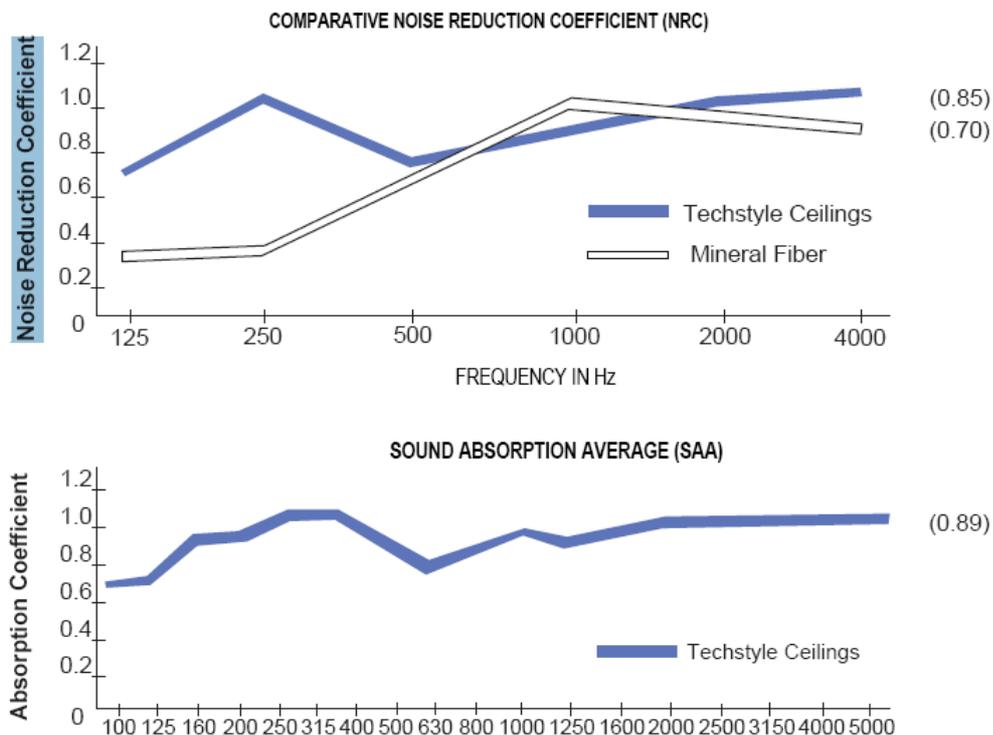
Custo Instalado Relativo
 4 \$ / metro mais alto
 1 \$ / metro mais baixo

Fonte: Catálogo Hunterdouglas

Também a HUNTERDOUGLAS dispõe de um forro removível, denominado Techstyle (Fig.27), formando uma composição conhecida por fibra têxtil, ou seja, fibra de vidro revestida com tecido de poliéster, com ótima aceitação no mercado de espaços corporativos. Este poliéster tem aparência semitransparente, na cor branca, branco opaco e preto, apresentando índices de NRC mínimo de 0.85, com 28 mm, e CAC 17, podendo ser usado sob fontes intensas de luz, tendo como resultado uma difusão discreta e confortável, além de permitir flexibilidade de locação das fontes de luz.

Este forro tem como diferencial um grande poder de absorção em baixas frequências (250Hz) apresentando NRC 1.0 e índices significativos em maiores escalas de frequência, ou seja, apresenta desempenho considerável a uma frequência de 100 Hz até uma frequência de 5000 Hz, com NRC de 0.85, trata-se de um forro com excelente absorção acústica, conforme pode ser analisado nos gráficos a seguir.

Gráfico 7. Desempenho do Forro Techstyle da HUNTERDOUGLAS



Fonte: Catálogo HUNTERDOUGLAS

Apresenta dimensões diferentes do padrão utilizado: 610 x 610 cm , 610 x 1220 cm ou 1220 x 1220 cm e cantoneiras diferenciadas que proporcionam uma superfície uniforme e contínua.



Figura 27. Forro Techstyle da HunterDouglas

Fonte: <http://www.HunterDouglas.com.br>

É um produto muito leve, de 1,24Kg/m² e o fabricante indica seu uso inclusive em projetos de “retrofit” por possibilitar sua aplicação sob forro existente ou apoiado neste.

4.1.11 CUSTO

Os forros minerais variam muito de preço de um produto para outro. Isto acontece devido a variedade de espessura, densidade, acabamento e inovações tecnológicas. Sob estas condições um forro mineral pode variar de R\$ 50,00 a R\$ 300,00 o metro quadrado. (informação pessoal).

4.1.12 TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO

Outra solução é a utilização de chapas perfuradas combinadas com um material absorvente, como é o caso das mantas de lã de rocha ou de lã de vidro, porém é uma técnica pouco utilizada em edifícios de escritórios devido ao uso intensivo do forro mineral.

Ao que se pode prever e conforme proferido por Nogueira (2002, p.22):

[...] “tetos tridimensionais (isto é, com seções variáveis, como por exemplo, em forma de “V”) também permitem o aumento da absorção total da sala. Tetos rígidos, como placas de gesso (gypsum) são inaceitáveis neste tipo de área”, referindo-se aos escritórios panorâmicos”.

O uso apenas do forro mineral em determinados locais podem não ser suficientes para assegurar os níveis desejados de absorção sonora, especialmente em locais onde haja numerosas e intensas fontes de ruídos ou pé-direito alto, com um volume muito grande.

Nestes casos, David Akkerman, consultor em acústica, em entrevista à revista *Projetodesign*, de agosto de 2007, sugere duas soluções. “Uma é criar um sobreforro com painéis com duas polegadas de lã de rocha e outra é jatear a laje com celulose. Depois pode-se recobrir esse material com o forro de NRC de 0,90”.

Estas soluções podem inclusive ser utilizadas em espaços que recebem técnicas de “*retrofit*”. Espaços estes que, por receberem requalificação na sua ocupação apresentam além de falta de atender às novas necessidades de uso, pé-direito elevado, característica construtiva presente nas edificações antigas.

Em entrevista ao arquiteto Márcio Grahl para esta pesquisa, citou um exemplo especial de utilização de forro mineral:

[...] “A Basf precisava acomodar centenas de pessoas em cada andar. Para isso, precisavam utilizar da alta tecnologia em tratamento acústico, visto que o projeto era de um escritório tipo “open plan”. A empresa escolheu o ILLTEC da ILLBRUCK como material de revestimento. É uma espuma à base de melamina microcelular expandida, cuja capacidade de absorção sonora é altíssima. Mas o material não era alto-portante, precisando ser colado em uma superfície rígida. Como deveríamos seguir o projeto de um forro removível, começamos a pesquisar um material que poderia servir de substrato. O isopor, barato e muito utilizado em diversas situações, foi reprovado para esse caso, por causa da baixa segurança ao fogo. Chegamos à conclusão que a melhor solução seria utilizar forro de fibra-mineral da própria illbruck como substrato. É um produto totalmente incombustível e também tinha boa performance acústica, com propriedades de isolamento também. Portanto, colando o ILLTEC de 30 mm de espessura num forro mineral de alta densidade, obtivemos uma performance acústica inigualável no ambiente, onde o forro proporcionou uma absorção que ultrapassa a marca de NRC = 0,90”. (informação pessoal)

O ILLTEC é uma placa de espuma expandida semi-rígida, de estrutura microcelular, de cor cinza claro, conhecida com SONEX ILLTEC. Está classificada como classe A, por atender as normas de segurança contra o fogo e velocidade zero de propagação de chama. Pode receber pintura e está disponível nas espessuras de 20, 30, 40 ou 50 mm.

Grahl ainda citou que, infelizmente, em muitos edifícios, principalmente aqueles com baixo valor agregado, apesar da existência de forros minerais acústicos com altos índices de redução sonora (NRC), são especificados e utilizados forros minerais simples, ou seja, com as menores capacidades de absorção sonora, sem nenhum rigor durante a instalação, conforme recomendações do fabricante. Isto acontece muito por não se destinar investimentos suficientes para uso de bons materiais no que diz respeito ao conforto sonoro nestes ambientes.

4.1.13 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Novas tecnologias e soluções também estão atualmente incorporadas em alguns forros. A AMF, por exemplo, fabrica um painel denominado AUDIO SYSTEM® (Fig. 28). É um painel alto falante plano, integrado ao forro mineral, do tamanho e com a aparência de um módulo de forro, que trabalha com os princípios de conversão de ondas, com qualidade HI-FI (Sistema de Alta Fidelidade), tanto para a fala quanto para a música, com 180° de emissão sonora. É um painel estruturado com mola oscilante integrada.

Em relação à sua emissão sonora será mais bem explicado no item de mascaramento sonoro seguinte neste trabalho.



Figura 28. Painel ÁUDIO SYSTEM®

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

Outro painel fabricado pela mesma empresa é o BEAMEX SYSTEM® (Fig.29). Trata-se de um painel de forro operado eletronicamente, através de acionamento eletrônico, como um alçapão motorizado, integrado ao forro, também com o mesmo tamanho e aparência de um forro mineral, criado para abrigar projetores de slides, vídeo e projetores LCD acima dos painéis do forro.



Figura 29. Painel BEAMEX SYSTEM®

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

A KNAUF AMF também desenvolve caixa de proteção contra o fogo para luminárias, alto-falantes e demais elementos fixados ao forro, no entre forro ou abaixo do mesmo, podendo oferecer proteção de até 90 minutos em conjunto com vigas de aço (Fig.30).

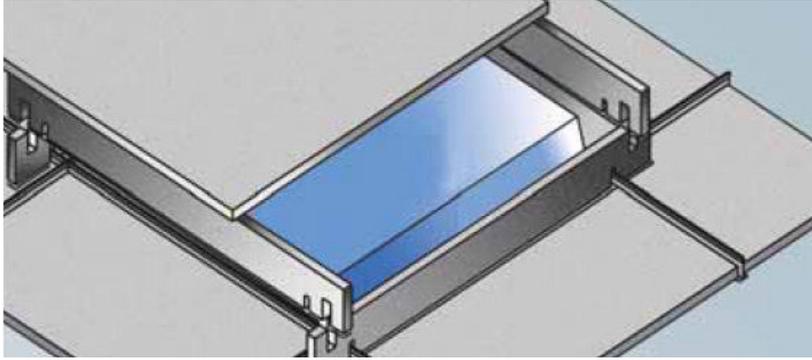


Figura 30. Sistemas de proteção contra o fogo em conjunto com a estrutura

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

Uma novidade existente no mercado foi lançada recentemente pela KNAUF AMF de forros que dispõem de tratamento bacteriostático, bactericida e fungicida contra diversos fungos e bactérias para ambientes que exigem alto padrão de higiene, denominado HYGENA®. Também lançou forros denominados CLEANACTIVE®, que decompõem os compostos orgânicos voláteis (COVs) e odores decorrentes do benzeno de vapores, transmitidos pelos escapamentos, produtos de limpeza, fumaça de cigarros, outros, causadores de alergias, desconfortos e doenças, condições comuns encontradas em ambientes fechados, além do CLEAN ROOM® que previne o acúmulo de partícula de pó dentro do ambiente.

A ILLBRUCKacoustic, produz forros minerais livres de formaldeído ou quaisquer outros materiais nocivos como o amianto. Não emitem COVs (Compostos Orgânicos Voláteis) e são biodegradáveis.

4.2 BARREIRAS ACÚSTICAS

A demanda por privacidade acústica ou controle de ruído em edifícios de escritórios também pode ser atendida pelas corretas instalações e especificações de barreiras, conhecidas como divisórias e biombos.

1. DESCRIÇÃO

Segundo NOGUEIRA (2002), uma barreira acústica é, por definição, “[...] qualquer obstáculo sólido que seja relativamente opaco ao som, bloqueando a linha direta entre fonte sonora e o receptor, criando assim, uma sombra acústica atrás de si”.

A diferenciação entre biombos e divisórias, onde muitos as têm como iguais pode ser entendida conforme definida pelo arquiteto Ilvo Palat em entrevista à revista ProjetoDesign: “As divisórias pressupõem a altura piso-teto, enquanto os biombos integram o sistema de mobiliário e tem alturas que variam em média de 0.75m a 1.80m, conforme o fabricante.” Para alguns os biombos também são chamados de divisórias tipo painel.

Para melhor entendimento destes dois tipos de barreiras existentes, bem como devem ser feitas as suas especificações, ambas serão tratadas separadamente.

2. NORMATIZAÇÃO

De acordo com as normas, as divisórias são divididas segundo a sua altura, e são classificadas por divisórias tipo painel e divisórias piso-teto. As divisórias do tipo painel ou biombos, com alturas a partir de 90 centímetros, devem seguir a **NBR 13.964 / 2003 – Móveis para Escritórios - Divisórias Tipo Painel**, e as divisórias do tipo piso-teto são regulamentadas pela **NBR 15. 141 / 2004 – Móveis para Escritório – Divisórias Tipo Piso – Teto**.

Estas normas não exigem níveis mínimos de isolamento e absorção acústica, ficando a critério do profissional especificar soluções juntamente com as tecnologias desenvolvidas pelos fabricantes, para obter níveis de redução sonora consideráveis e o fabricante deverá comprovar, por meio de testes em laboratórios institucionais, o nível de isolamento ou absorção que o produto ou solução irá oferecer, além dos critérios de utilização.

3. FORNECEDORES

São fabricantes de divisórias as seguintes empresas conhecidas:

- **Knauf AMF** – Empresa Alemã, presente no Brasil desde maio de 2001;
- **Lagarge Gypsum** – No Brasil, a Lafarge Gypsum fabrica, desde 1995, produtos à base de gesso para a construção civil. Atualmente, é a líder sul-americana em drywall e sistemas associados.
- **Placo** – Esta empresa é fruto de uma joint venture do Saint-Gobain, da França, com a Compañia El Volcán, do Grupo Matte, do Chile.
- **Movinord** – Movinord do Brasil é filial do Dynagroup líder dos mercados de divisórias e móveis de escritório na Espanha.
- **Abatex** – Fundada no Brasil em 1991. Possui inúmeros representantes em todo o país. Possui clientes de grandes nomes no Brasil.

4. UTILIZAÇÃO

A organização dos espaços nos edifícios de escritórios são divididos com a utilização de diferentes materiais de acabamentos e com diferentes dimensões de espaço e para isto, são utilizados divisórias piso-teto, fixadas livremente do piso ao teto e biombos que podem ser fixados do piso até meia altura ou ainda integrados ao mobiliário.

As divisórias e biombos também são utilizados para oferecer privacidade visual e sonora e caracterizar os ambientes, demarcando áreas para as mais diferentes tarefas a serem desenvolvidas dentro dos espaços corporativos.

5. CLASSIFICAÇÕES

Antes que qualquer tipo de classificação acústica, as divisórias e biombos são classificados de acordo com a sua altura (Fig.31).

Tabela 11 - Classificação das Divisórias do tipo Painel (Biombos)

CLASSIFICAÇÃO DAS DIVISÓRIAS DO TIPO PAINEL/ BIOMBOS	
Baixa	Até 0,9 metros de altura. Proporciona privacidade visual limitada. Permite que o usuário sentado visualize o colega ao lado
Média	Até 1,40 metros de altura. Proporciona privacidade visual parcial. A visualização do ambiente só é possível quando o usuário está de pé
Alta	Até 1,80 metros de altura. Proporciona privacidade visual total. Normalmente não permite a visualização do ambiente, mesmo que o usuário esteja de pé
Extra-Alta	Qualquer divisória do tipo painel com altura superior a 1,80 metros

Fonte: Revista ProjetoDesign, edição 306, de agosto de 2005

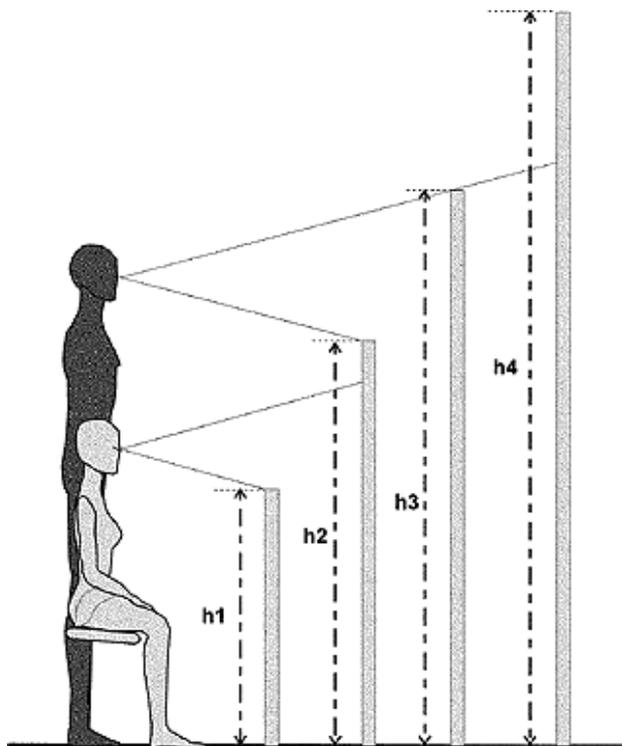


Figura 31. Classificação da divisória de acordo com a altura - H1:Baixa, H2:Média, H3:Alta e H4: Extra-Alta e possibilidades de visualização do espaço.

Fonte: Revista ProjetoDesign, edição 306, de agosto de 2005

6. CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

Na especificação de divisórias e biombos, para conseguir melhores ganhos em conforto acústico segundo Elvira Viveiros⁸, em entrevista à revista ProjetoDesign, edição 279, de maio de 2003, devem ser levados em conta:

- a altura dos biombos a serem utilizados;
- a espessura e a distância entre os diversos componentes da estação de trabalho;
- o tipo de revestimento a ser utilizado;
- e da existência ou não de paredes não tratadas.

7. CUSTO

Assim como os forros acústicos, as divisórias têm seus preços variados de acordo com o acabamento, espessuras, densidades e material utilizado entre os painéis. Em média uma divisória com perfis de aço pintado, revestida com melamínico, sem vidro, com miolo com material para tratamento acústico, pode ser encontrada com valor de R\$ 78,00 o metro quadrado. Quando os perfis de sustentação forem de alumínio anodizado a divisória pode atingir o valor de R\$ 210,00 o metro quadrado, incluindo material e mão-de-obra, segundo dados recentes da revista Construção e Mercado.

8. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Para efeito de conhecimento, Wielewichi (2002, p.516), relata que:

[...] “uma grande tecnologia foi agregada ao uso de biombos, tais como a colocação de calhas para o cabeamento lógico e o revestimento com superfícies que proporcionassem o isolamento acústico, representando uma grande evolução também do mobiliário de escritórios”.

⁸ Elvira Viveiros é professora da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e membro da Unidade de Acústica do Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC.

4.2.1 BARREIRAS ACÚSTICAS: DIVISÓRIAS TIPO PAINEL (BIOMBOS)

1. DESCRIÇÃO

Baseada na definição de Chaves (2009) as divisórias tipo painel são conhecidas como elementos de construção vertical, destinado a separar e/ou demarcar as estações de trabalho dentro de uma edificação, em geral, uma edificação produtiva e que se apresenta, em média, até a meia altura em relação à altura total do ambiente.

2. UTILIZAÇÃO

Nos edifícios de escritórios, estas divisórias são utilizadas, integradas ou não ao mobiliário, e deverão apresentar materiais e alturas suficientes para proporcionar atenuação sonora entre as estações de trabalho (Fig.32).



Figura 32. Exemplo de utilização de divisórias tipo painel próximos às estações de trabalho

Fonte: http://www.divisoriascristalino.com.br/html/divisorias_biombos.htm

3. CARACTERÍSTICAS DE APRESENTAÇÃO

As divisórias tipo painel são formados por uma estrutura robusta metálica, autoportantes, com diferentes tipos de acabamentos e presença de materiais internos a estrutura que priorizam a estética e a atenuação sonora.

São fornecidos pelos fabricantes de mobiliário e por isso seguem os padrões da linha de móveis ao qual será conectado, além da possibilidade de montagem isolada.

Permite a fixação de superfícies de trabalho, prateleiras, bojos e demais acessórios com canaletas para cabeamento e tomadas apenas do rodapé e quando mais sofisticadas permitem a passagem de cabos em qualquer altura do painel e disponibilizam pontos de elétrica e telefonia na altura da superfície de trabalho.

A espessura final fica na faixa de 4,5 cm a 10 cm e é disponível em alturas variadas, com possibilidade de fixação de vidros.

4. CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO e CLASSIFICAÇÕES

Para que a privacidade da fala seja satisfatória, os biombos devem apresentar desenhos, alturas e materiais absorventes com desempenhos adequados, bloqueando a propagação para atender às necessidades de privacidade nas estações de trabalho e minimizar o nível de pressão sonora da fala de intrusão.

Segundo pesquisa realizada por Nogueira (2002), os ruídos de intrusão podem seguir caminhos diretos ou interrompidos parcialmente pelas divisórias. Embora existam outros caminhos possíveis de o som atingir o receptor, como é o caso das reflexões oriundas dos pisos, tetos e paredes do local. Estes possíveis caminhos sonoros podem ser vistos na figura 33.

Ainda segundo os estudos de Nogueira (2002, p.11), “[...] em cada um destes caminhos, critérios de avaliação específicos são usados para descrever o desempenho das mesmas. Nos Estados Unidos, fabricantes de mobiliários para escritórios panorâmicos utilizam estes critérios para qualificar cada tipo de divisória”, em função da frequência sonora.

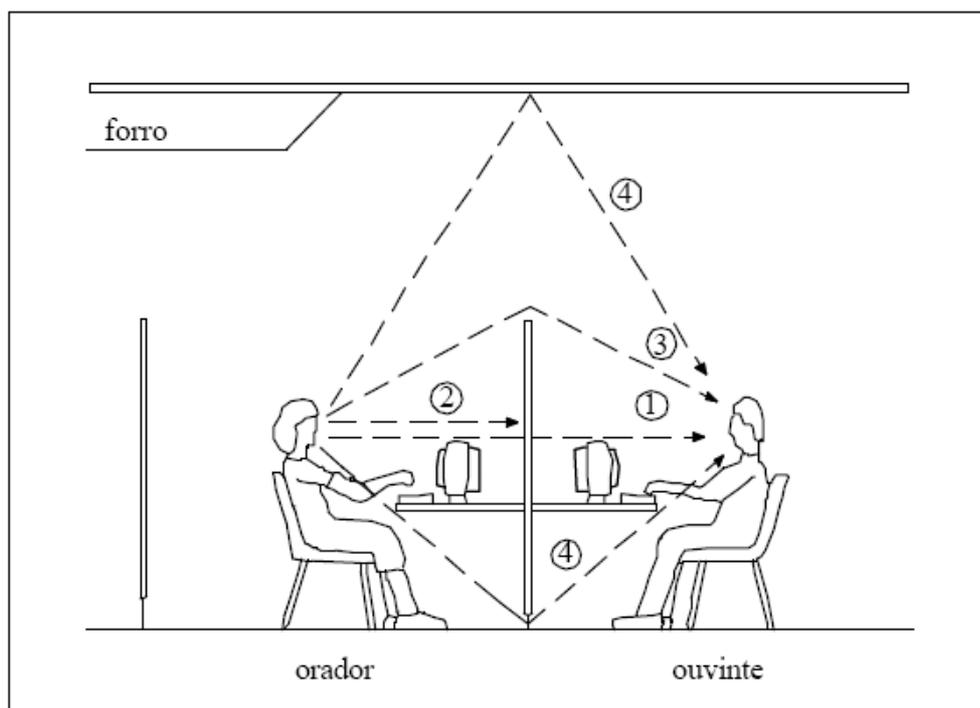


Figura 33. Caminhos de propagação sonora entre estações de trabalho e entre ambientes adjacentes

Fonte: NOGUEIRA (2002)

No caminho 1, nomeado por Nogueira (2002) de **propagação sonora através da divisória**, devem ser considerados a propriedade do material (como espessura, massa específica e velocidade de propagação sonora no material), do ângulo de incidência das ondas e do espectro do ruído.

Para a especificação dos biombos visando atender o bom desempenho neste caminho sonoro deve-se utilizar-se da STC.

- **STC (Sound Transmission Class)** – Classe de Transmissão Sonora – valor que descreve como a divisória previne a passagem do som pela mesma. Derivado da Perda de Transmissão – TL (Transmission Loss) - Baixa Transmissão.

Segundo a mesma autora, (apud Morelan, 1986), são considerados satisfatórios os biombos que apresentam STC de 20 ou mais entre estações vizinhas, de um orador para a estação adjacente, considerando que, os sons vindos dos demais caminhos interferem com maior

incidência. STC maior que 25 se torna obrigatório quando o orador e ouvinte estão muito próximos.

No caminho **2, absorção sonora**⁹ **pela divisória**, devem ser considerados os valores de NRC (*Noise Reduction Coefficiente*) na absorção do som.

- **NRC (Noise Reduction Coefficient)** – Coeficiente de Redução de Ruído ou índice de Redução Sonora. Segundo a mesma autora (apud Morelan, 1986), os biombos que apresentam NRC de 0,55 a 0,80 são considerados absorventes e apitos à sua utilização em espaços corporativos.

É importante ressaltar que, estudos realizados por Moreland (1986), conforme cita Nogueira (2002), relacionando o efeito do NRC ao índice de AI (Índice de Articulação) chegou ao resultado de que, biombos com poder de absorção para altas frequências, respondem melhor ao seu desempenho (privacidade da fala) do que biombos com poder de absorção para baixa frequência, mesmo quando se tem os mesmos valores de NRC.

“Isto significa que divisórias (referindo-se à biombos) tendo o mesmo NRC, mas diferentes espectros de absorção, não alcançam a mesma privacidade da fala”. Nogueira (2002, p.13). Por isto devem ser verificados os valores de absorção nas faixas de altas frequências.

Assim, se o som for absorvido na própria estação de trabalho, menor deverá ser a preocupação da interferência da sala nas estações vizinhas ocorridos por este caminho.

No caminho **3, difração sonora**¹⁰ **sobre o topo da barreira**, não existem maneiras, nem critérios para serem adotados para saber o quanto o som será difratado, atenuado pelo topo ou pelas laterais do biombo.

⁹ ABSORÇÃO: fenômeno acústico que ocorre quando um material absorve grande percentagem de energia sonora que nele incide, retendo-a e degradando-se em energia mecânica ou calorífica ou transmitindo-se para o outro lado, sendo dele refletida, apenas, uma pequena parcela. (SILVA, 2002).

¹⁰ DIFRAÇÃO: fenômeno acústico que surge quando uma linha reta entre a fonte sonora e o receptor é bloqueada por algum obstáculo e as frentes de ondas modificam seu caminho de propagação, curvando-se sobre a barreira em direção ao observador. (NOGUEIRA, 2002).

De qualquer maneira, quanto maior o caminho do som difratado, maior será a atenuação sonora, ou seja, quanto maior a altura do biombo, maior será o caminho a ser percorrido pelo som e conseqüentemente maior será a atenuação.

Assim, será a altura geométrica do biombo que irá proporcionar melhores ganhos de conforto e privacidade.

A determinação da altura destes biombo fica a critério de projeto específico. Nogueira (2002, p.14) recomenda que a divisória deva ter no mínimo, altura suficiente para quebrar a linha de visão existente entre a fonte e o receptor, e ainda afirma que:

[...] “de acordo com a indicação da ASID (American Society of Interior Designers – sound solutions), uma altura de 1,65m é necessária para conter o som, ressaltando que painéis com alturas inferiores a 1,34m são bastante ineficientes e normalmente, não provêm níveis normais de privacidade”.

Para Nepomuceno¹¹, em entrevista à revista ProjetoDesign de agosto de 2007 para garantir resultados satisfatórios, ele recomenda a utilização de biombo com 1.40m no mínimo. “As peças com 1.60m ou 1.80m são as ideais para o conforto acústico, mas dificilmente encontramos projetos que adotem estas medidas”.

A altura destas barreiras muitas vezes fica limitada em função do fluxo de ar e pela visão ampla que é preciso proporcionar nestes espaços, muitas vezes, requerida pelo projetista.

Porém, se for desejável que se aumente a altura da divisória, sem perder o espaço visual, recomenda-se a utilização de vidros ou materiais transparentes (Fig.34). Para Nogueira (apud HARIS, 2002), o vidro ou o material translúcido podem ser utilizados, desde que se preserve a altura mínima de 1,34m do material opaco.

¹¹ José Augusto Nepomuceno é engenheiro e proprietário da Acústica & Sônica, empresa que presta consultoria em diversos campos de acústica.



Figura 34. Utilização de Vidros para aumentar a altura da divisória

Fonte: www.smr.arq.br/Divisoria_IT_piso-teto_2.jpg

Outro critério utilizado, para o **caminho 3**, está relacionada com a posição do orador e do ouvinte tanto no espaço como um todo como dentro de uma estação de trabalho.

Nogueira (2002), em seus estudos, encontrou as seguintes recomendações e estas serão aqui transcritas:

- Dispor barreiras próximas ao orador são mais efetivas (Fig.35), devido ao maior ângulo formado através do qual o som deve se “curvar” para alcançar o ouvinte do lado oposto da barreira e assim maior será a perda sonora que chegará até o ouvinte, ou seja, a atenuação sonora é dada pela difração.

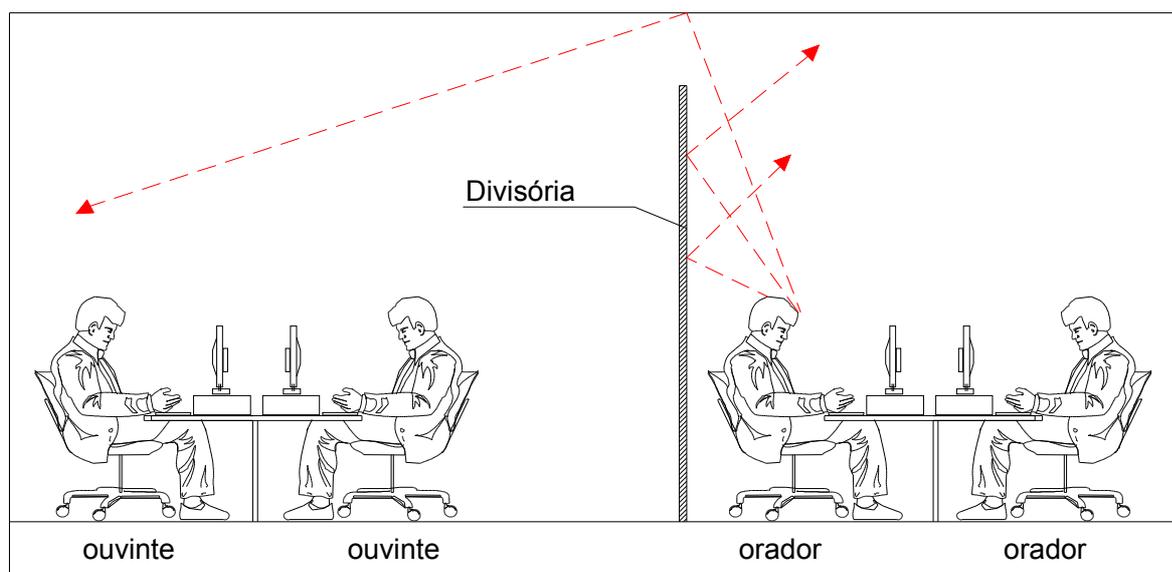


Figura 35. Barreiras próximas ao orador ocasiona um ângulo maior para alcançar o ouvinte do lado oposto

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora

- Quanto maior a altura do biombo (Fig.36), maior será a atenuação sonora proporcionada pela difração do som, em virtude do caminho a ser percorrido.

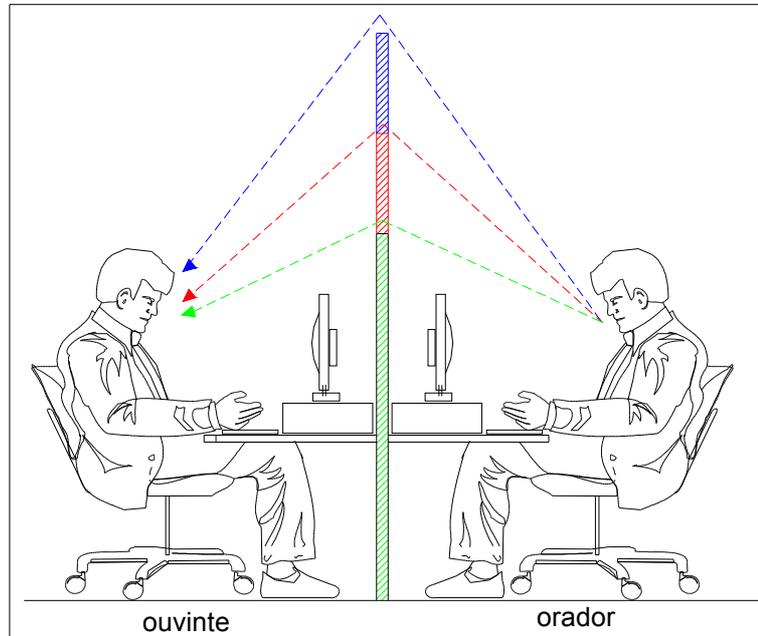


Figura 36. Alturas dos biombo e respectivos caminhos percorridos pelo som

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora

- Obter maior separação possível entre as estações de trabalho a serem formadas (Fig.37). Esta solução, no entanto, faz com que haja a diminuição do número de pessoas dentro de um espaço disponível.



Figura 37. Estações de trabalho com maiores distâncias umas das outras

Fonte: Revista FINESTRA, edição 49 de junho de 2007. Projeto: Pedro Gabriel Arquitetura

- Dentro de uma estação de trabalho procurar aumentar a distância entre o orador e o ouvinte quando os mesmos estão exercendo atividades diferentes, não necessitando de comunicação.

Sobre esta última recomendação, é possível sugerir que se separe, em layout, os espaços geradores de maiores ruídos daqueles mais silenciosos.

Como se pode observar, “um dos mais importantes fenômenos físicos que surge em função da atenuação oferecida pelas barreiras é a difração” (NOGUEIRA, 2002, p.16).

No caminho 4, **reflexões sonoras¹² pelas frestas e do forro**, devem ser considerados as frestas existentes entre as juntas das divisórias, entre o piso e a parte de baixo das divisórias que ficam em contato com o piso e a capacidade ou não de absorção do forro existente ou a ser utilizado.

As frestas existentes entre as juntas e o piso, permitem que o som passe através delas e atinja a estação de trabalho, ou ambiente vizinho, proporcionando a diminuição da privacidade sonora, por tanto, Nogueira (2002, p.15) assinala que “ não se pode alcançar níveis confidenciais de conversação sem dar a devida atenção à propagação sonora” por estes caminhos.

Como observado, outra forma do som alcançar o receptor é pela transmissão sonora por reflexão que depende das propriedades acústicas do teto, e também do piso, das divisórias, biombos e paredes, tanto do lado da fonte sonora quanto do lado do ouvinte.

5. TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO

Nos escritórios panorâmicos, a privacidade da fala entre as estações vizinhas deve ter atenção especial, uma vez que, para as estações de trabalho mais distantes o som deve passar a ser audível e não inteligível, ou seja, deve-se promover a atenuação sonora.

¹² REFLEXÃO: é a quantidade de energia da onda sonora (intensidade do som) refletida a partir de uma superfície lisa e dura. A reflexão sonora pode melhorar a qualidade da transmissão de voz e música. Fonte: www.iilbruck.com.br

Ruídos produzidos pelo manuseio de objetos na superfície de trabalho, como digitação e de objetos que emitem algum tipo de ruído como toque de campainha do telefone, venturinha do computador, outros, também devem ser levados em consideração.

“A atenuação sonora promovida é em função da posição relativa do receptor e fonte em relação à barreira, da geometria (principalmente a altura sobre a linha que une fonte e receptor), localização, absorção, espectro do som e perda de transmissão sonora”. Nogueira (2002, p.10).

Para que o som seja absorvido na própria estação de trabalho, Nepomuceno recomenda a utilização de uma camada de 25 milímetros de lã ou espuma absorvente, com densidade a partir de 40 Kg/m³, dentro das divisórias revestidas com tecido adequado. Esta recomendação também é válida para divisórias do tipo painel.

Não são recomendadas biombos de plástico rígido, pois geralmente, apresentam NRC menor do que 0,1. Biombos com superfícies rígidas fabricadas com outro material apresentam valores bem menores de NRC.

4.2.2 BARREIRAS ACÚSTICAS: DIVISÓRIAS PISO - TETO

1. DESCRIÇÃO

De modo geral, “a divisória é um elemento de construção vertical destinado a separar os diversos compartimentos de uma habitação, como também os ambientes internos pertencentes a um mesmo espaço.” Chaves (1999, p. 26).

2. UTILIZAÇÃO

As divisórias piso-teto são geralmente utilizadas para garantir total privacidade dentro dos ambientes corporativos e são empregados para criar espaços como salas de reuniões, diretoria ou setores específicos da empresa.

Assim, as divisórias piso-teto deverão oferecer além da absorção acústica, o isolamento sonoro, sendo principalmente capaz de oferecer privacidade aos seus usuários e impedir que conversas em uma sala atrapalhem as atividades de outra, ou seja, os sons produzidos dentro de uma sala está sendo audível nos ambientes vizinhos.

É importante lembrar que a utilização de divisórias piso-teto adequadas para isolamento sonoro não significa a excelência acústica, é também necessário usar materiais de acabamento no interior do espaço a fim de impedir a reverberação sonora.

Neste sentido, existem alguns fabricantes de divisórias de vidro que possibilitam a instalação de persianas embutidas e miolo em lã de vidro, lã de rocha, colméia (feito com papel Kraft), poliestireno expandido, fibra mineral incombustível ou outros materiais que podem ser especificados em projeto.

As divisórias e biombos são também muito utilizados em espaços corporativos por permitir o acoplamento de cabeamento de redes de acordo com a disposição do layout, principalmente quando o espaço não dispõe de piso elevado para passagem desses cabeamentos.

3. CARACTERÍSTICAS DE APRESENTAÇÃO

As divisórias desmontáveis, em sua maioria, possuem estrutura metálica aparente com possibilidade de fechamento dos seus painéis com diferentes materiais e acabamentos (Fig.38):

- Madeira natural;
- Vidro simples ou duplo;
- Revestimento com laminados melamínico;
- Revestimentos com tecidos;
- Gesso acartonado



Figura 38. Divisórias desmontáveis com diferentes opções de acabamento

Fonte: <http://www.interactdivisorias.com.br/imagens.htm>

Por possibilitarem diversas opções de acabamentos, estas divisórias podem apresentar espessuras variáveis de 4,5 cm a 10 cm e altura do piso ao teto, com possibilidade de remanejamento para atender as mudanças de layout.

Tanto as divisórias quanto os biombos, podem ser adquiridos com proteção acústica especificados de fábrica. “Nesse caso é importante selecionar fornecedores de boa qualidade, pois nem todos oferecem produtos realmente adequados”, alerta Nepomuceno, em entrevista à revista Projeto Design, de agosto de 2007.

4. CLASSIFICAÇÕES

Para a escolha das divisórias, deve-se verificar a atenuação por ela oferecida para assim poder classificá-la em relação à sua capacidade de isolamento, conforme pode ser observado na tabela a seguir.

Tabela 12 - Condições de Privacidade das Divisórias

ATENUAÇÃO DE RUÍDOS – CONDIÇÕES DE PRIVACIDADE DAS DIVISÓRIAS			
Atenuação	Condição acústica da parede	Classe de privacidade	Classe de (privacidade) isolamento
< 30 dB (A)	Conversação normal, 65 db (A)	Facilmente audível com alto índice de inteligibilidade	Fraca
30 – 35 dB (A)	Conversação em voz alta, 75 db (A)	Razoavelmente audível com bom índice de inteligibilidade	Razoável
	Conversação normal, 65 db (A)	Razoavelmente entendida	
35 – 40 dB (A)	Conversação em voz alta, 75 db (A)	Audível com baixo índice de inteligibilidade	Boa
	Conversação normal, 65 db (A)	Audível com baixo índice de inteligibilidade	
40 – 45 dB (A)	Conversação em voz alta, 75 db (A)	Pouco audível	Muito boa
	Conversação normal, 65 db (A)	Não pode ser escutada	
45 – 50 dB (A)	Conversação em voz alta, 75 db (A)	Não é audível	Ótima
> 50 dB (A)	Conversação em tom de voz bastante alterado, 85 dB (A)	Fracamente audível e com baixo índice de inteligibilidade	Excelente

Fonte: Revista ProjetoDesign, edição 306, de agosto de 2005

5. CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

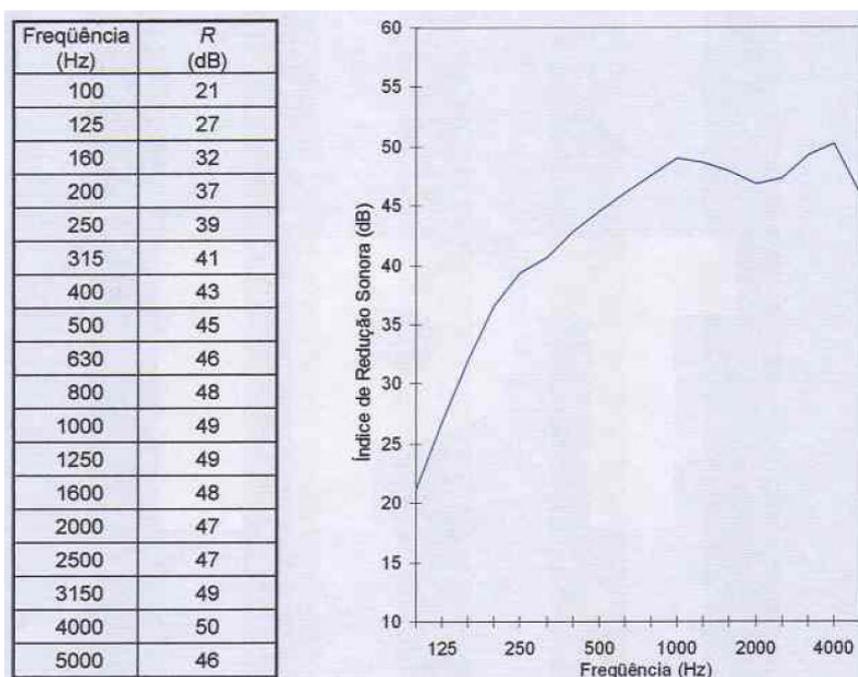
A escolha dos materiais de acabamentos de uma divisória deve ter primeiramente a capacidade de ser auto-extinguível, pois, este atributo é obrigatório segundo as normas citadas. Entre estes materiais podemos citar os aglomerados de madeira, vidros, chapas MDF, metais, espumas e plásticos especiais e tecidos com tratamento anti-chama.

Proteção quanto à corrosão galvânica e cuidados na especificação dos vidros também entram nas exigências das normas e devem ser levadas em consideração na hora da escolha, classificando-se como um critério importante de seleção.

6. CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS

Alguns fabricantes disponibilizam características adicionais aos seus produtos, agregando itens que asseguram o isolamento ou absorção acústica. A ABATEX, por exemplo, dispõe de divisória nomeada Ax-80, constituída por duas camadas de painéis de aglomerado de madeira, de aproximadamente 15 mm de espessura, com revestimento melamínico, montadas por sistema de encaixe em uma estrutura metálica, separadas por um vão interno de aproximadamente 55 mm. O vão interno da divisória é preenchido com duas camadas de chapa de gesso acartonado, de aproximadamente 12,5 mm de espessura, e uma camada e painéis de lã de rocha de aproximadamente 25 mm de espessura. De acordo com testes realizados pelo IPT, obtiveram-se os seguintes valores de redução sonora:

Tabela 13 – Valores dos testes obtidos de redução sonora



Fonte: <http://www.abatex.com.br/pdf/certificacoes/ax80-mod-a-la-gesso.pdf>

7. CUSTO

Assim como as divisórias do tipo painel, as divisórias do tipo piso teto apresentam o mesmo custo, ou seja, R\$210,00 o metro quadrado, incluindo material e mão-de-obra.

8. TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO

A vedação entre os encontros da divisória com o piso elevado e da divisória com o forro é indispensável, para que não haja frestas em que o som possa transpassar e caracteriza-se como uma técnica importante para não comprometer o resultado final do conjunto (Fig.39).

Sobre a utilização desta técnica, Márcio Grahal Jr. relata que

[...] “existem casos em que a divisória permanecerá fixa e se assim for, esta deve ultrapassar o forro, alcançando o espaço do *plenum* até a laje. Desta maneira o som dificilmente ultrapassará para o espaço vizinho. Esta solução, no entanto só é viável quando você não precisa de flexibilidade de layout, pois a alteração da divisória vai implicar em alterações no piso e no forro.

Para espaços que exigem flexibilidade de layout, como acontece na maioria dos projetos, recomenda-se especificar um forro com um índice de absorção de ruído maior, e que se faça um acabamento em gesso no encontro da divisória com o forro, selando as frestas existentes. Além disso, o gesso é um material que proporciona a reflexão do som para dentro do ambiente e é muito pouco absorvedor, fazendo com que o som não ultrapasse o ambiente externo”.

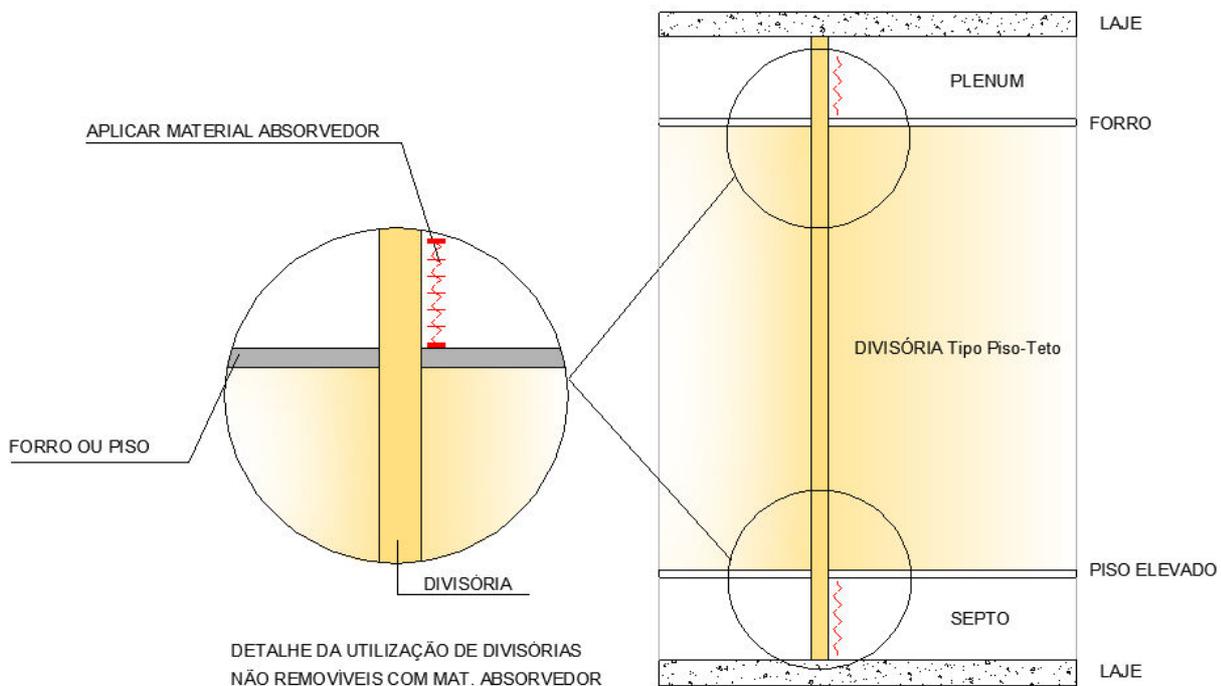


Figura 39. Sistema de vedação para divisórias fixas

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora

No caso de utilização de divisórias removíveis, a arquiteta Marta Albuquerque da AMF, recomenda a utilização de canaletas, cantoneiras, silicone, peças de fechamento no tamanho do vão, etc., dependendo do caso (Fig.40). Mesmo tomando todos estes cuidados este ponto não deixa de ser um local frágil de passagem sonora.

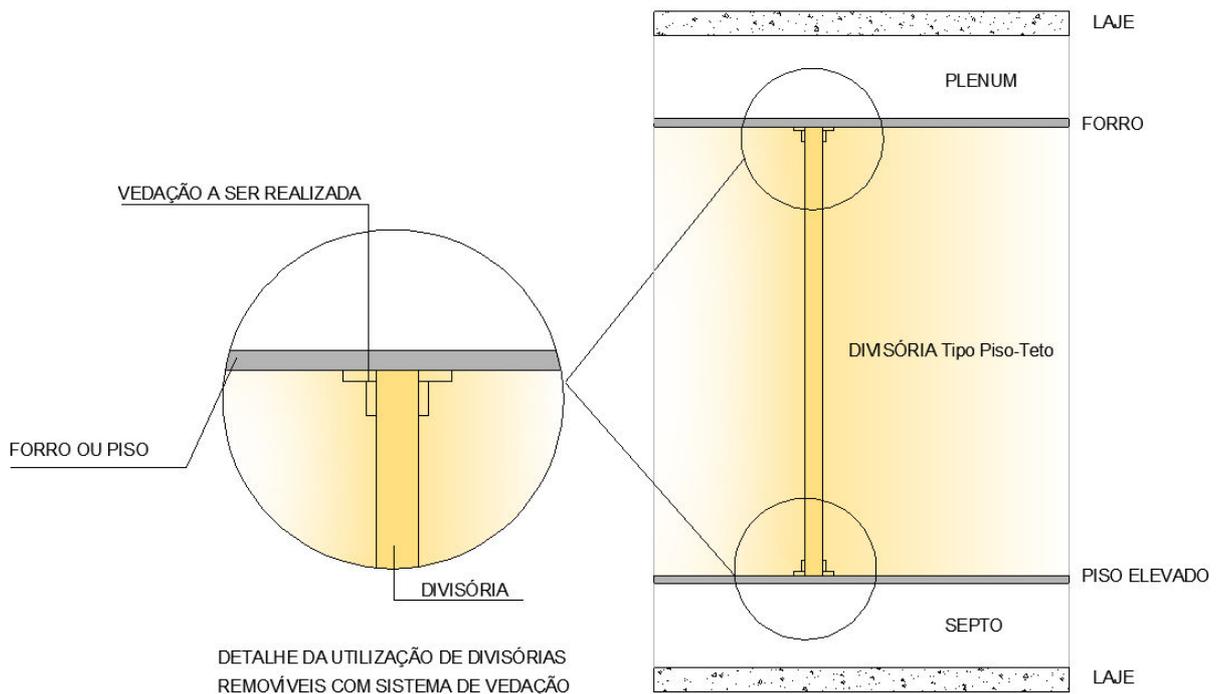


Figura 40. Sistema de vedação para divisórias removíveis

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora

A disposição destas divisórias quando colocadas após a instalação como um todo do ambiente, deve levar em conta não somente o layout, mas também a distribuição das luminárias no forro e principalmente, o fluxo do ar condicionado para que não se comprometa o desempenho das divisórias. Este aspecto será melhor entendido em item posterior deste trabalho. Caso estas sejam previstas, deverão ser feitas a compatibilização destas demais instalações.

Outras questões também são importantes e devem ser levadas em consideração nas especificações e durante os processos de montagem, como vedação de portas, guarnições e estrutura que sustenta o vidro e o próprio vidro, de acordo com Sresnewsky¹³.

Sresnewsky recomenda também que:

[...] “é muito importante contar com fornecedores e mão-de-obra de primeira linha. Se o produto é adequado mas o instalador não fizer um bom trabalho, o som passará por frestas decorrentes do mau fechamento, de maçanetas soltas ou por baixo das portas que não têm a guilhotina de vedação. Uma boa porta deve sempre exercer pressão sobre suas vedações”.

Em relação à utilização de vidros em parte da divisória ou formando divisórias inteiras de vidro, estruturadas por perfil em aço, estes não devem dispensar critérios na especificação.

Segundo Nepomuceno, “um vidro simples não barra o som. Para ter bom desempenho ele deve ser duplo, com lâminas mais espessas, dimensionadas de acordo com as necessidades de cada ambiente”.

Nestas condições, Akkerman recomenda a utilização de vidro duplo composto por lâmina de vidro de seis milímetros, câmara de ar entre sete e nove centímetros e mais uma lâmina de vidro com oito milímetros de espessura, para isolar diferentes frequências e possibilitar que as lâminas vibrem de maneiras diferentes (Fig.41). Esta combinação é conhecida por vidro duplo insulado e pode isolar até 40dB.

¹³ Alexandre Galvão Bueno Sresnewsky é Engenheiro Civil pela Universidade Mackenzie, Eletrotécnico pela Escola Técnica Mackenzie; Especialização em Eletrônica Industrial e em Acústica. Diretor Técnico da Quasar Engenharia para Desenvolvimento de Caixas Acústicas e Equipamentos de Sonorização Profissional. Diretor e Sócio Gerente da Sresnewsky Engenharia desde 2001.

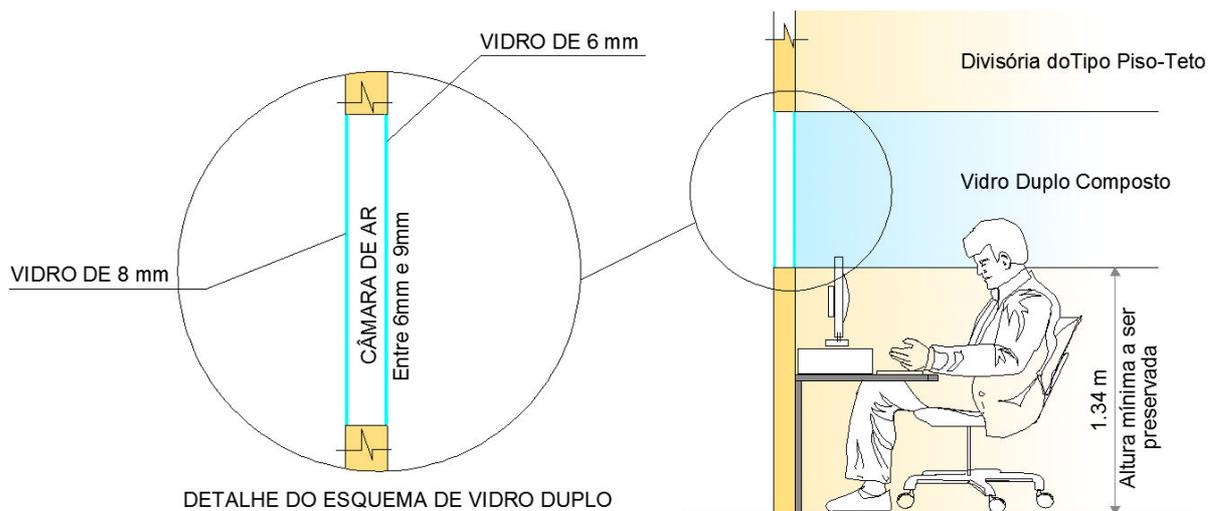


Figura 41. Esquema de Utilização do Vidro Duplo em divisórias do Tipo Piso-Teto

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora

Outra técnica utilizada é fazer com que as divisórias recebam tratamento acústico com uma camada de 25 mm de lã ou espuma absorvente com densidade a partir de 40 kg por metro cúbico, segundo reportagem da revista ProjetoDesign, de agosto de 2007. “Densidades menores já garantem bom desempenho, porém o material fica mais vulnerável a danos”, justifica Nepomuceno.

9. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

A WALL WORKS, fabricante de divisórias disponibiliza a série Clean Light, que possibilita a utilização de tecidos transparentes ou opacos translúcidos entre as lâminas de vidro, criando efeitos visuais e características individuais de projeto e a série Canvas Line, que possibilita o uso de tecidos estampados personalizados podendo ser aplicados em vidros comuns ou duplos (Fig.42).



Figura 42. Visualização da série Clean Light e Canvas Line

Fonte: <http://www.wallworks.com.br/>

10. DIVISÓRIA NAVAL: UTILIZAÇÃO NÃO RECOMENDADA

Outro tipo de divisórias desmontáveis é a divisória naval (Fig.43). É tida como a mais simples e mais barata existente no mercado e por isso são muito utilizadas nos mais diversos ambientes existentes.

Ela é formada por uma estrutura metálica pintada com diversas possibilidades de cores e com fechamento em painéis de papelão prensado com acabamento em laminado melamínico a escolher e por isso apresenta-se com 3,5 cm de espessura ($e=3,5$ cm).

Segundo o arquiteto Palat¹⁴ (2001), “a utilização de divisória naval, é uma solução de baixo padrão, barata, que não tem qualidades acústicas e, exceto pelas portas, não admite nenhum tipo de instalação”, referindo-se às instalações embutidas na divisória.

Estas divisórias podem ser remanejadas para atender às necessidades do layout e não é possível a passagem interna de cabeamentos. Assim são feitas canaletas externas para a passagem de cabeamentos, resultando num efeito estético nada agradável.

¹⁴ ¹⁴ Ilvo Palat é arquiteto, integrante da equipe da PROINSTAL arquitetura de interiores, empresa especializada em projetos de espaços corporativos.



Figura 43. Divisória naval

Fonte: www.tecnoplac.com.br

Assim, existem variados tipos disponíveis de divisória piso-teto que dispõem de soluções próprias para cada situação e podem ser pré-fabricadas ou elaboradas in loco. Baseada nas especificações obtidas em reportagem da revista ProjetoDesign, de setembro de 2001, como mostrado até agora, as divisórias podem ser assim classificadas como divisórias fixas e móveis. Outro tipo de divisória fixa muito utilizada nos espaços corporativos são as divisórias de gesso.

4.2.3 DIVISÓRIAS DE GESSO

As divisórias de gesso são conhecidas por divisórias fixas por serem formadas por painéis de gesso acartonado, estruturadas em aço, com aplicação de substrato de lã de vidro com posterior fechamento de ambos os lados com chapas de gesso, formando uma camada de ar entre estes elementos (Fig.44). Esta combinação é posteriormente fixada na estrutura principal e leva o nome comercial de Drywall.

Sua primeira utilização deu-se nos anos 90. Com a abertura do mercado nacional e chegada das principais multinacionais fabricantes de chapas para Drywall houve a possibilidade de desenvolver este produto no país.

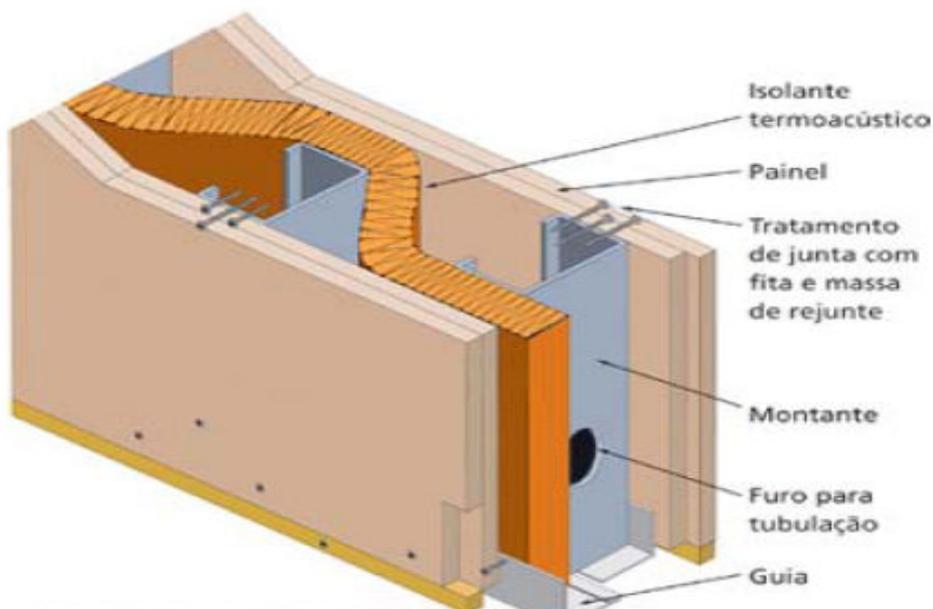


Figura 44. Esquema de montagem de parede de drywall com material isolante
Fonte: www.axionconstruções.com.br/downloads-acustica.htm

A formação desses elementos resulta num conjunto de nove centímetros de espessura ($e=9\text{cm}$) e no espaço de ar formado é que é possível a passagem de cabeamento (Fig.45) conforme as necessidades específicas de cada projeto.

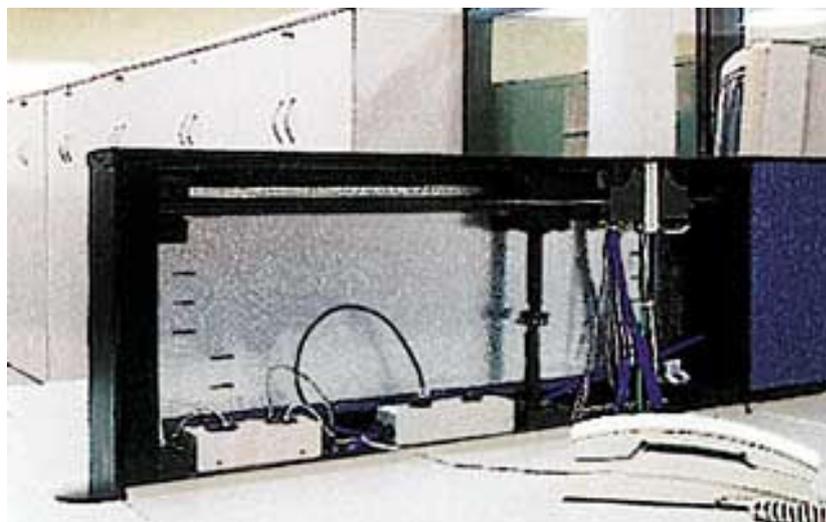


Figura 45. Painel de distribuição de cabeamento
Fonte: Revista ProjetoDesign, edição 259, set. 2001

Para finalização da montagem é realizada a vedação das juntas entre as placas ou entre elementos construtivos (laje, piso e parede).

Sob este aspecto Losso, et al (2004, p.3) destaca que

[...] “para isto são utilizadas fitas de papel microperfuradas ou massas flexíveis, para evitar fissuras e colas para calafetação das juntas. Por fim, a partição está pronta para receber seu acabamento final, podendo-se utilizar os acabamentos convencionais aplicados comumente em alvenarias”.

A capacidade de isolamento sonoro destas divisórias também podem ser adquiridas pelo Índice de Redução Sonora Ponderado (RW) e pela Classe de Transmissão Sonora (STC) e estes valores devem ser disponibilizadas pelos fabricantes.

“O IPT recomenda que o desempenho para paredes internas entre habitações contínuas seja RW mínimo de 50 dB. Não há recomendação para valores entre ambientes de uma mesma habitação, mas pode-se presumir que haja uma tolerância um pouco maior”. (LOSSO, et al , 2004, p.8).

Pelo simples fato de haver uma camada de ar dentro de dois perfis de gesso há uma menor transmissão da energia sonora e assim maior a capacidade de isolamento oferecido pelo sistema massa-mola-massa.

No entanto, para que este sistema ofereça maior isolamento sonoro, é necessário preencher a camada de ar com um material absorvente (lã mineral) para que o mesmo venha contribuir “com a perda de energia através da absorção sonora e pela eliminação de possíveis ressonâncias na cavidade”. (LOSSO, et al , 2004, p.6), além de duas placas de gesso de cada lado, conforme testes comprovados pelos fabricantes nacionais KNAUF, LAFARGE E PLACO de acordo com medições feitas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

Pode-se também chegar até três placas de cada lado do sistema, porém os custos não justificam seu uso pelo fato de ocasionar índices irrelevantes de isolamento.

Segundo Silva, et al (1999, p.6) em testes realizados no laboratório de Termo-Acústica (LaTA) da UFSM, onde foram ensaiados em câmaras reverberantes, diferentes materiais e técnicas de paredes - divisórias, foi comprovado que “utilizando-se duas placas de gesso acartonado para compor cada lado dos painéis da divisória dupla, e com o uso de material absorvente entre estes painéis, tem-se índices de 58.9 dB(A), mesmo quando se trata de

materiais com densidades altas”. Este índice refere-se à Perda de Transmissão Sonora (PT).

Caso se queira aplicar um material absorvedor acústico apenas nas periferias das cavidades, também haverá resultados favoráveis em todas as faixas de frequências, exceto nas altas, segundo testes já realizados.

Utilizando essas considerações, é possível conseguir melhores resultados, conforme tabela a seguir:

Tabela 14 – Resultados de utilização de divisórias aplicando a lei da massa.

Item	Construção	Massa (Kg/m ²)	Índice (dB) Redução média nível/ruído
01	Divisória/estrutura metálica Gyproc*, 75 mm, com 2 painéis Gyproc, de 12,5mm, de cada lado.	22	44
02	Divisória/estrutura metálica Gyproc*, 100 mm, com 2 painéis Gyproc, de 12,5mm, de cada lado.	43	50
03	Divisória/estrutura metálica Gyproc*, 200 mm, com 2 painéis Gyproc, de 12,5mm, de cada lado.	43	52
04	Divisória/estrutura metálica Gyproc*, 300 mm, com 2 painéis Gyproc, de 12,5mm, de cada lado.	57	60
05	Divisória Gyproc* geminada, de alta performance, com 2 painéis Gyproc de 12,5mm, mais 1 painel Gyproc plank de cada lado, com 100m de lã de vidro, no meio.	57	63

* Gyproc: nome geral das divisórias da marca Sant-Gobain

Fonte: Silva (2002)

Segundo Belderrain (1998, p.122), é mais comum e econômico a utilização de mantas padronizadas de lã de vidro nas cavidades das divisórias de gesso acartonado do que painéis rígidos de lã-de-vidro, “uma vez que a densidade das mantas é menor do que dos painéis, porém sua eficiência em amortecer os modos de ressonância da cavidade também é menor”.

O painel promoverá ainda melhores resultados em ambientes onde ruídos em altas frequências são mais constantes e as mantas devem ser usadas como espuma de 75mm com densidade de 10kg/m^3 , apresentando custo x benefício mais favoráveis em relação às mantas de 50mm de espessura com densidade igual a 13Kg/m^3 , segundo estudos obtidos por Narang (1993 apud Belderrain, 1998).

Losso, et al (2004 apud Seep, 2000), recomendam que as juntas entre placas, devem ser intercaladas, de maneira que não coincida com a posição do montante metálico existente em cada lado, conforme figura 46.

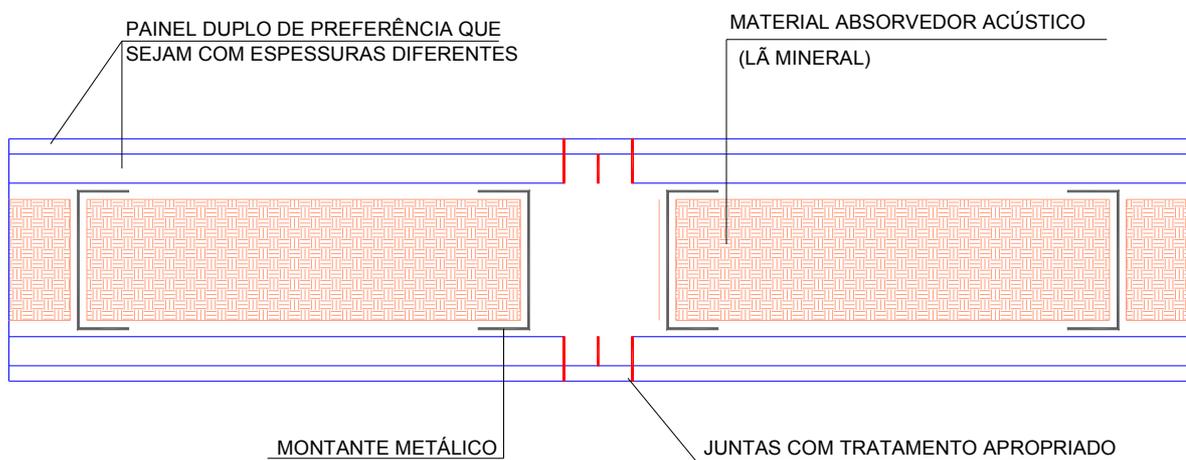


Figura 46. Recomendações segundo Losso, et al (2004 apud Seep, 2000).

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora

Os fabricantes de divisória LAFARGE- GYPSUM fornece um sistema que possui uma travessa antivibratória fixada aos montantes, fazendo com que não haja a vibração da placa devido à fonte sonora incidente (Fig.47).

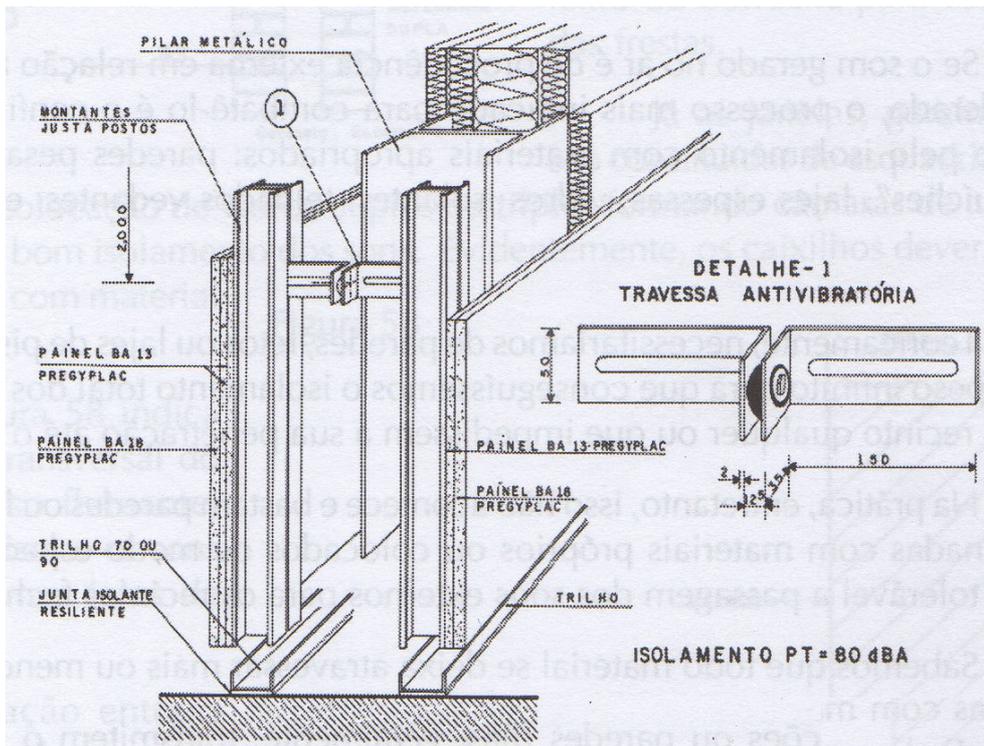


Figura 47. Estrutura Metálica com dois painéis de um lado e três painéis do outro e mais o sistema de travessa antivibratória.

Fonte: Silva (2002)

A LAFARGE-GYPSUM, disponibiliza também paredes de gesso com enchimento em painéis de lã de vidro (Fig.48), capazes de isolar 60 dB para painéis com 160mm e 66 dB para painéis com 200mm e lã de vidro em painéis comercializados em embalagens compactadas.

A disponibilidade de utilização de lã de vidro em painéis é atualmente nova e possibilita melhor e mais rápida execução para os montadores, por apresentar-se em painéis.

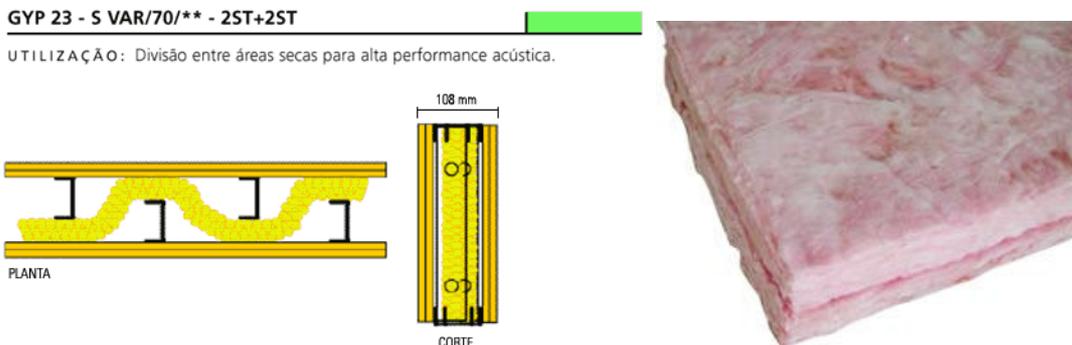


Figura 48. Esquema de utilização de lã de vidro dentro da divisória de gesso e visualização de lã de vidro em painéis, respectivamente.

Fonte: www.lafarge.com.br

É importante ressaltar que, os fabricantes recomendam a utilização de massas de nivelamento e fitas para vedação das juntas, mas estes materiais ainda não foram normatizados.

O engenheiro civil e mecânico Pérides Silva, recomenda a utilização de “feltro alcatroado, neoprene, borracha e outros materiais resilientes que evitam o engastamento das mesmas e impedem a formação de curtos-circuitos ou passagem direta do som, da laje para a parede” para isolar as paredes divisórias com a laje-piso. Observe a figura a seguir:

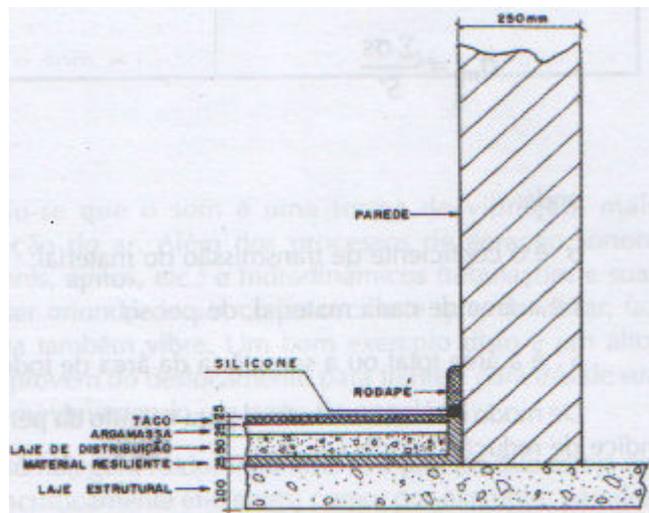


Figura 49. Utilização de materiais para vedação de paredes divisórias em contato com a laje-piso

Fonte: Silva (2002)

Apesar deste trabalho se tratar de redução de ruídos aéreos é importante documentar que a transmissão dos ruídos via sólido é outro fator a ser levado em conta. Os elementos que por ventura precisaram ser passados no meio do sistema da divisória, estes devem ser desacoplados das placas e demais elementos construtivos, conforme estudos apontados por Losso, et al (2004) (Fig.50).

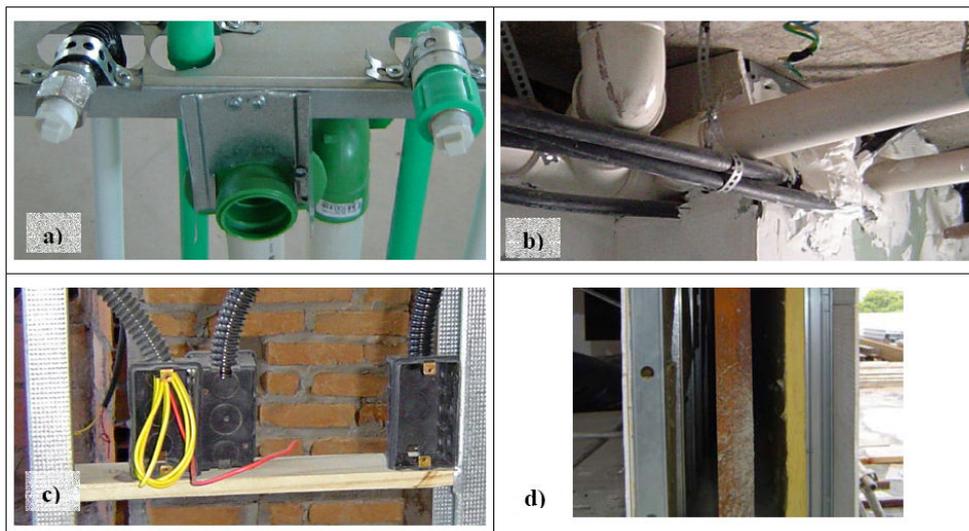


Figura 50. Situações de transmissão sonora encontradas na prática: a) tubulações em contato direto com montantes; b) tubulações em contato direto com placas de gesso acartonado; c) caixas de interruptores de ambientes distintos fixados na mesma estrutura; d) configuração de montagem favorável acusticamente.

Fonte: Losso, M; Viveiros, E.

As recomendações de uso do sistema de divisória de gesso acartonado ditas até agora devem ser seguidas tanto na fase de projeto, quanto na fase de execução. O não cumprimento de qualquer fator resultará em grandes índices insatisfatórios de uso e conforto de seus usuários. Conforme dito por Nepomuceno anteriormente,

[...] “se o produto é adequado, mas o instalador não fizer um bom trabalho, o som passará por frestas decorrentes do mau fechamento, de maçanetas soltas ou por baixo das portas que não tem guilhotina de vedação. Uma boa porta deve sempre exercer pressão sobre suas vedações”.

4.3. TRATAMENTO DE PAREDES

4.3.1 DESCRIÇÃO

Assim como as divisórias, as paredes existentes num edifício de escritório fazem com que a energia sonora incidente seja refletida para o meio em que se encontra. Para amenizar a quantidade de energia sonora refletida são utilizados painéis absorvedores.

A utilização de divisórias e de paredes de alvenarias vem isolar acusticamente um ambiente do outro, não promovendo condições de conforto em relação aos níveis de ruídos produzidos no interior destes espaços, sendo necessária a aplicação de materiais absorvedores em alguns locais para diminuir o nível de reverberação.

Para isto existem alguns materiais e algumas técnicas para a realização do tratamento das paredes, seja ela de gesso, alvenaria simples, concreto ou divisórias.

Panos de vidros formados por janelas, porém, são situações particularmente problemáticas, sendo difícil prevenir ou tratar as reflexões sonoras incidentes sobre estas superfícies.

4.3.2 NORMATIZAÇÃO

Em consulta ao catálogo específico deste material e em informações científicas, não foram encontrados sistema de normatização para fabricação, uso e instalações.

4.3.3 FORNECEDORES

É fabricante de produtos para tratamento acústico de paredes:

- **Isover/ Saint-Gobain;** foi fundada em 1951 como Vidrobrás. Em 1962 seu controle acionário passou ao grupo Saint-Gobain, sendo incorporada a então Companhia Vidraria Santa Marina , atual Saint-Gobain Vidros S.A. , como sua divisão de isolamento termo-acústica em outubro de 1971.

4.3.4 UTILIZAÇÃO

Nogueira (2002) recomenda que sejam utilizados painéis absorvedores acústicos para o tratamento de paredes e divisórias. Caso não se deseja a utilização por completo deste material nas paredes, ele deve se estender de 60 cm a 183 cm acima do piso (Fig.51 e 52).

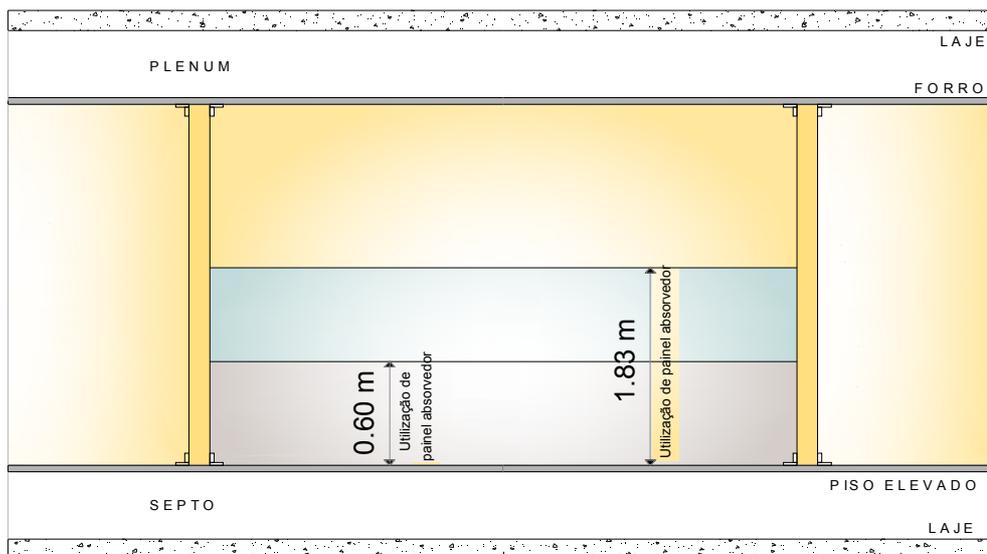


Figura 51. Recomendações de utilização dos painéis absorvedores acústicos quando não utilizados em toda a parede

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora.

A Isover disponibiliza painéis absorvedores acústicos, denominados SONARE, ISOSOUND e DECORSOUND que podem ser instalados em paredes de gesso, alvenaria simples, concreto ou divisórias de madeira. Segundo o fabricante, apenas a linha SONARE é que tem aplicações em espaços corporativos, porém o ISOSOUND pode ser usado em salas com alta exigência de desempenho acústico.

Sua utilização pode ser feita em paredes onde não haja nenhum tipo de tratamento absorvedor acústico e evitados locais úmidos.

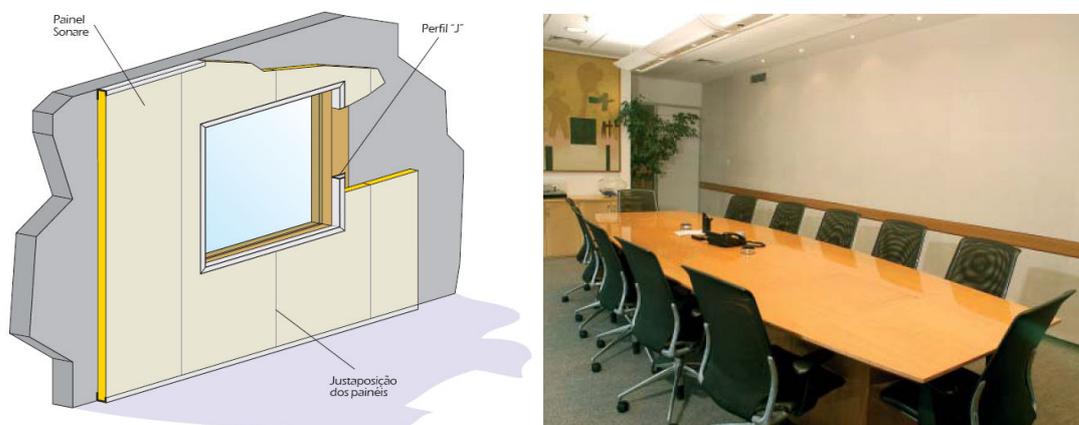


Figura 52. Esquema de aplicação e exemplo de utilização parcial do SONARE a 0.60m acima do piso com acabamento em tábua corrida

Fonte: http://www.isover.com.br/isover/pdf/produtos_catalogos/Sonare.

4.3.5 CARACTERÍSTICAS DE APRESENTAÇÃO

Estes painéis absorvedores acústicos são formados por painéis rígidos em lã de vidro, aglomerado com resinas sintéticas e revestidos por tecido na face aparente e nas laterais e é enrijecido por perfis de aço internos ao revestimento.

Pode ser encontrado com dimensões de 2,70 x 1,20 m, com espessura de 25mm (2,5 cm), densidade de 80Kg/m³ e sua utilização é feita através de encaixe dos painéis entre os perfis de fixação já instalados na parede.

4.3.6 CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

Para a especificação de painéis absorvedores acústicos também devem ser considerados os valores de NRC (Noise Reduction Coefficient) na absorção do som.

O Painel SONARE, da ISOVER, apresenta índice de redução sonora (NRC) de 0,80, conforme Certificado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT/SP. Na tabela abaixo é possível verificar os coeficientes de absorção sonora de acordo com as frequências desejadas.

Tabela 15 – SONARE: Absorção sonora em diferentes frequências

Coeficiente de absorção sonora (a)							
Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
Coeficiente (a)	0,04	0,40	0,86	0,97	0,93	0,98	0,8

Fonte: Catálogo Isover

Os espaços vazios existentes entre as divisórias e paredes (juntas) devem ser fechados completamente, impedindo que as reflexões sonoras penetrem nas cavidades e sejam refletidas, fazendo com que as divisórias sofram algum tipo de vibração.

4.3.7 CUSTO

Em pesquisa de preço na revista Construção e Mercado foi encontrado o valor médio para painel rígido de lã de vidro, espessura de 25mm, comprimento de 1.20m e largura de 0.60m com densidade de 100kg/m³ de R\$ 45,00 o metro quadrado. O valor pode ser diferente quando especificados painéis de lã de vidro semi-rígido (R\$ 31,00) ou flexível (R\$15,00), porém apresentarão desempenho poucos satisfatórios conforme estudado.

4.3.8 TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO

Estudos realizados por Paz et. al. (2003), foi possível comprovar, por meio de testes em câmara reverberante, que o uso de painéis absorvedores acústicos também atenua o ruído interno em ambientes expostos à poluição sonora externa, amenizando problemas de falta de isolamento de fachadas, quando for o caso, embora seja muito comum a ausência de isolamento sonoro de fachadas em edificações no Brasil.

Em relação à utilização desta técnica, PAZ et al (2003, p.538), afirma que

[...] a” técnica é importante, também, por não interferir diretamente nas fachadas dos ambientes, pois sabe-se que, algumas vezes, é complicada a intervenção de imóveis em prédios que possuam vários ocupantes. Além disso, a técnica é propícia para centros urbanos, onde a fonte externa, configurada principalmente pelo tráfico de veículos, é inevitável”.

Outra técnica de tratamento de absorção sonora é a utilização de jateamento com celulose em alguns locais. Este jateamento é feito diretamente sobre paredes e lajes e os locais devem ser determinados em projeto.

Uma outra alternativa para diminuir a propagação sonora nestas superfícies é evitar a proximidade de ocupação destas áreas, ”reservando estes espaços para corredor de passagem” (NOGUEIRA, 2002, p.18).

Deve-se também evitar paredes dispostas paralelamente, através de utilização de materiais que propiciem superfícies inclinadas, de maneira que se obtenham ângulos diferentes de reflexão sonora.

Nas faces onde existem grandes áreas de janelas, recomenda-se a utilização de brises verticais absorvedores sonoros e “cortinas espessas, que necessitariam serem mantidas fechadas, obstruindo a visão da área externa e iluminação natural” (NOGUEIRA, 2002, p.19), ou seja, quando as cortinas estiverem abertas a privacidade acústica será diminuída.

É importante salientar que a utilização de cortinas espessas colabora com a atenuação sonora dos ruídos provenientes internamente.

Em relação à utilização de cortinas vinílicas para a atenuação de ruídos externos foi comprovada sua ineficácia, pois em testes laboratoriais realizados por Pisani (2007) comprovam que suas utilizações em fachadas ajudam no isolamento sonoro de ruídos externos somente para altas frequências, independente do distanciamento existente da janela, não obtendo resultados significativos para baixas frequências, sendo, portanto inadequadas para isolamento dos ruídos de trânsito, ou seja, isolamento do principal ruído externo existente nas grandes cidades, cujos principais edifícios de escritórios se localizam.

4.4 PISOS

4.4.1 DESCRIÇÃO

Um ambiente, qualquer que ele seja, recebe incidências sonoras em todas as suas superfícies, com maiores ou menores intensidades, dependendo da atividade ruidosa que está sendo desenvolvida.

Nos edifícios de escritórios, como não poderia deixar de ser, estes fenômenos acontecem da mesma maneira.

Os sons gerados neste ambiente atingem a todas as superfícies, com maiores intensidades no teto e nas divisórias e paredes. O piso é a superfície que menos recebe os sons incidentes por haver o bloqueio devido ao mobiliário.

“A absorção sonora promovida por esta superfície é menos importante que a absorção gerada pelo teto ou pelo entorno de uma forma geral, uma vez que parte do som incidente é bloqueado pelo mobiliário”. (NOGUEIRA, 2002, p.22).

4.4.2 FORNECEDORES

São fabricantes de carpetes e piso – elevado:

- **Giroflex** – fabricante de piso-elevado em sua unidade de pisos **Tate**, fundada em 1951 sendo a primeira empresa no Brasil a fabricar cadeiras giratórias e ajustáveis para escritório, com mecanismo de regulagem com *know-how* suíço.

4.4.3 CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

Mesmo sob as considerações ditas acima, o piso pode contribuir na absorção sonora dos ruídos gerados nos espaços corporativos. A escolha do tipo de piso, segundo Nogueira (2002), deve ser de um material que seja adequado para:

- a) Atenuar ruídos de impacto, provenientes da circulação de pessoas, movimento de cadeiras ou o eventual cair de objetos;
- b) Reduzir as superfícies de geração de ruídos;
- c) Ajudar na redução da transmissão sonora para pavimento inferior, se houver;

Segundo a mesma autora e pesquisa complementar, diversos autores e especificadores indicam o carpete como sendo o material que atende às condições de alcance de privacidade sonora e o mais utilizado em projetos de edifícios de escritórios. “Caminhar ou arrastar uma cadeira em pisos rígidos causa muito ruído” por isto o uso de carpete permanece como o mais adequado para absorção sonora.

Assim, "a absorção sonora promovida pelo piso carpetado dependerá da espessura e do tipo de fibra do mesmo. Como é um material relativamente fino, ele proporciona muito pouca absorção sonora em baixas frequências". (NOGUEIRA, 2002, p. 22).

4.4.4 RECOMENDAÇÕES DE UTILIZAÇÃO

Segundo Akkeman, em entrevista à revista ProjetoDesign, edição 330, a espessura mínima do revestimento deve ser de sete milímetros, para que se obtenha algum índice de redução sonora. O coeficiente de redução de ruído NRC é a medida utilizada na medição da eficiência do material na absorção sonora em várias frequências.

Palat, em entrevista à revista ProjetoDesign, edição 259, recomenda ainda que seja utilizado carpete com fio antiestáticos e em placas, para facilitar os acesso às instalações quando utilizado sobre piso elevado (Fig.53), independente se o mesmo seja formado por chapa metálica estampada, chapa metálica convencional, de PVC (tipo wire floor) ou de concreto moldado in loco.



Figura 53. Aplicação de carpetes sobre pisos elevados

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br>. Edição 259 – Set/2001

Os carpetes possuem baixos coeficientes de absorção e assim sua aplicação sobre superfícies rígidas como os contra-pisos, cria-se uma solução pouco efetiva. Para maior desempenho, sua utilização é recomendada como acabamento sobre materiais resilientes,

de em média 0,5cm, que funciona como uma “camada elástica”, aplicados sobre uma superfície rígida (laje nervurada). Porém para espaços corporativos esta técnica não é possível por impossibilitar a passagem de cabeamento por de baixo dele.

A Giroflex, em sua Unidade de Pisos Elevados e Revestimentos, denominada Tate, disponibiliza o *Task Air*®, módulo de piso elevado que possibilita o controle de ar inflado pelo piso (Fig.54). O módulo é alojado dentro de uma carcaça de aço galvanizado tratado acusticamente.



Figura 54. Módulo de piso elevado com sistema Task Air

Fonte: <http://www.tate.com.br>

4.4.5 CUSTO

A aplicação somente da forração têxtil, conhecido como carpete, incluindo material e mão-de-obra apresenta um custo médio de R\$ 35,00 o metro quadrado, com espessura de 6 mm e R\$ 9,00 com espessura de 3,2mm, porém não recomendado.

A utilização do piso elevado com placas de aço com revestimento em carpetes em placa tem um custo médio apenas do material de R\$ 126,00 o metro quadrado, segundo cotação realizada na revista Construção e Mercado.

Em contato com um representante de piso Tate, o valor do m² do piso elevado, incluindo material, frete e instalação são de R\$ 158,00 o metro quadrado. O módulo de piso Task Air® apresenta um custo médio de R\$ 450,00 por módulo a ser instalado.

4.5 LAYOUT E MOBILIÁRIO

4.5.1 DESCRIÇÃO

“O layout de um espaço consiste na proposta de distribuição espacial de um conjunto de trabalhadores, equipamentos, infra-estrutura e materiais” (REIS, 2003, p. 43).

4.5.2 FORNECEDORES

São fabricantes de mobiliário corporativo as seguintes empresas conhecidas e representativas no mercado:

- **Alberflex** – Fundada em 1956, em São Paulo, inicialmente produzindo componentes para cadeiras e poltronas e em 1970, inaugura fábrica em Sorocaba tornando-se o maior fabricante de mobiliário escolar do país.
- **Bortolini** – Fundada em 1948, na Serra Gaúcha. Atualmente a Bortolini se consolida como referência na produção de ambientes profissionais.
- **Forma** – Unidade de Mobiliário Corporativo da Giroflex S/A.
- **Giroflex** – Fabricante de mobiliário corporativo, fundada em 1951 sendo a primeira empresa no Brasil a fabricar cadeiras giratórias e ajustáveis para escritório, com mecanismo de regulagem com *know-how* suíço.
- **Intelligent Table** – Criada em 1986, a Intelligent Table comercializa móveis com sua própria linha de mobiliário para escritórios, dispondo de uma vasta linha de produtos com acabamento de excelência, disponível em vários padrões.
- **Mackey** – Iniciou suas atividades em 1976, atualmente possui sede em Barueri – S.P.

4.5.3 UTILIZAÇÃO

A distribuição dos móveis (layout) dentro dos ambientes corporativos contribui na configuração acústica dos escritórios, em especial dos escritórios panorâmicos.

De acordo com os estudos iniciais, ao longo da história foram desenvolvidos vários modelos de arranjo físico, com objetivo de atender às exigências e organizações estabelecidas ao seu tempo, conforme estudos existentes no segundo item deste trabalho.

No entanto, pode-se dizer que basicamente hoje, os espaços corporativos consistem em variações de dois tipos básicos de organização espacial (layout), os escritórios com ambientes formados por salas fechadas por divisórias e aqueles com *layout* em planta livre.

Ambas as configurações apresentam vantagens e desvantagens.

[...] “Os espaços de trabalhos compartimentados em salas fechadas, oferecem maior privacidade e proteção contra o ruído e as distrações visuais, são o mais apropriados para locais em que realizam tarefas complexas ou que exigem maior grau de concentração e atenção. Por outro lado, para tarefas simples e que exigem pouca concentração e atenção, os ambientes de planta livre apresentam-se como adequados”.

4.5.4 CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

NOGUEIRA (2002), obedecendo às normas da ASID (American Society of Interior Designers) para alcançar níveis normais de condição acústica em ambientes de planta livre, recomenda:

- A) Evitar linhas diretas de visão, pois quando há um caminho visual direto entre os trabalhadores, o som pode mais facilmente passar ao longo do caminho sem incomodar os usuários;
- Criar um design para a estação de trabalho que promova o máximo de enclausuramento;

- Colocar painéis altos separando a equipe de acordo com a atividade e nível de ruído por ela gerado, assegurando que outros trabalhadores tenham níveis normais de privacidade em seu local de trabalho.

A IILBRUCKsonex recomenda que seja realizado um *layout* bem formulado de acordo com cada setor e dependência, procurando relacionar as atividades funcionais específicas de maneira a evitar interações sonoras desaconselháveis.

Com relação ao material, alguns mobiliários dispõem de elementos acústicos com superfícies revestidas com tecidos, porém, Mônica Del Carlo¹⁵, em entrevista a Flex, editora e eventos, recomenda que

[...] “Ao projetar um layout, é necessário tomar cuidado no que escolher e pensar na manutenção dos mobiliários. Materiais revestidos de tecido, por exemplo, trazem mais conforto acústico, mas são difíceis de manter bem cuidados. Então, fazer um material que tenha esse conforto acústico e seja de fácil e econômico reparo é o grande desafio dos fabricantes”.

4.6 VIDROS ACÚSTICOS

4.6.1 DESCRIÇÃO

Sichieri et. al (2007) descreve o vidro como sendo “um produto fisicamente homogêneo obtido pelo resfriamento de uma massa inorgânica em fusão, que enrijece sem cristalizar através de um aumento contínuo de viscosidade”.

¹⁵ Mônica del Carlo é formada em engenharia civil pelo Instituto de Engenharia Paulista, Controladoria pela USP, e Administração pelo Mackenzie, trabalhou onze anos no comando das obras de uma grande instituição financeira e há sete anos está na área de *facilities*.

4.6.2 *NORMATIZAÇÃO e CLASSIFICAÇÃO*

Para a fabricação de vidros, as empresas devem atender a NBR 11706 / 1992 - Vidros na Construção, que trata de vidros na construção civil, que fixa as condições de fabricação e utilização para os vidros planos empregados na construção civil.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT adotou a norma MERCOSUL NM 293:2004 como Norma Brasileira, a partir de 30/06/2004, com o número de referência ABNT NBR NM 293: Terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação. Um resumo desta classificação pode ser observado na Tabela 15.

Tabela 16 – Resumo da classificação dos vidros, segundo NBR NM 293:2004.

Tipo	Forma	Transparência	Acabamento	Coloração	Colocação
Recozido	Plano	Transparente	-Liso -Polido -Impresso	Incolor	Caixilhos
Temperado	Plano de segurança*		-Impresso anti-reflexo -Serigrafado		
Laminado	Curvo	Translúcido	-Fosco -Metalizado ou Refletivo	Colorido ou absorvente	Autoportantes
Aramado	Perfilado	Opaco	-Vidro de baixa emissividade ou Low E		Mista
Duplo ou insulado	Ondulado		-Gravado -Esmaltado		

*Vidro plano cujo processamento de fabricação reduz o risco de ferimentos em caso de quebra. Deve atender aos requisitos de norma específica de classificação dos vidros quanto ao risco de impacto humano acidental.

**Vidro submetido a um tratamento térmico visando tornar sua resistência ao impacto e às variações térmicas aproximadamente duas vezes maiores que a do vidro comum. Por ter padrão de quebra similar ao vidro comum, não pode ser considerado vidro de segurança.

Os testes para avaliar a eficiência dos diversos tipos de vidros assim como suas diversas combinações, são realizados em laboratórios específicos e o padrão utilizado para classificação deste material é determinado pelo:

- **Rw (Índice de Redução Acústica)** – Coeficiente de Redução de Ruído ou Índice de Redução Acústica representa, em um índice único, uma estimativa do isolamento médio de um produto. O Rw é calculado com base na comparação entre os valores R medidos (16 valores para 16 intervalos de 1/3 oitava, de 100 Hz a 3150 Hz) e uma curva de referência. Para ambientes com características especiais, deve ser usado o conjunto completo de dados de isolamento em função da frequência.

Tabela 17 – Índice de Redução Acústica (Rw) de vidros planos comuns

ESPESSURA (mm)	MASSA SUPERFICIAL (kg/m ²)	Rw (dB)
3	7,5	29
4	10	30
5	12,5	30
6	15	31
8	20	32
10	25	33
12	30	34
15	37,5	36
19	47,5	37

Fonte: SAINT-GOBAIN GLASS, 2000, p.538.

4.6.3 FORNECEDORES

Várias são as empresas fornecedoras de vidros para utilização nos mais diversos meios. As mais representativas no mercado nos últimos tempos são as seguintes:

- **Saint-Gobain/ Santa Maria** – Foi fundada em 1951 como Vidrobrás. Em 1962 seu controle acionário passou ao grupo Saint-Gobain, sendo incorporada a então Companhia Vidraria Santa Marina, atual Saint-Gobain Vidros S.A.;
- **Blindex** – Produto que se tornou mais conhecido que a própria fábrica brasileira fundada por um grupo francês em 1951, Santa Lúcia Cristais Blindex Ltda. Em 1979, chega ao Brasil a Pilkington, multinacional inglesa fabricante de vidros float, que comprou a empresa Santa Lúcia.

- **Pilkington** – Iniciou suas atividades no Brasil em 1979, está entre os principais fabricantes de vidro do mundo, atendendo aos segmentos da construção civil, automobilístico, de decoração e de vidros técnicos. O grupo opera em mais de 29 países. A Pilkington detém 50% de participação na Cebrace Cristal Plano, a maior indústria de vidro float do Brasil.
- **Guardian** – Com sede em Auburn Hills, Michigan, nos USA, a Guardian foi fundada no Brasil em 1998 e possui presença nos cinco continentes, em mais de 20 países.
- **Sekisui** – Fabricante de vidros laminados PVB no Japão, disponibiliza seus produtos através da empresa S-Lec, possuindo vários certificados ISSO.

4.6.4 UTILIZAÇÃO

De maneira geral, os vidros podem ser utilizados em envidraçamento de caixilhos simples ou múltiplos; em paredes, na forma de tijolos; em concreto translúcido e coberturas. Esta pesquisa, no entanto, objetiva estudar a utilização de vidros para isolamento acústico em caixilhos de fachadas nos edifícios de escritórios.

Os vidros são muito utilizados nos edifícios de escritórios por ser um dos elementos capaz de proporcionar isolamento acústico em suas fachadas, uma vez que, como mostrado nos estudos iniciais desta pesquisa, os edifícios de escritórios são inseridos na malha urbana, onde o excesso de ruídos é constante, ruídos estes produzidos por rua comercial, tráfico urbano, vias expressas, proximidades de um aeroporto, outros.

Como visto, também podem ser utilizados para compor divisórias para obedecer à altura mínima a ser especificada, com possibilidade visual e desempenho acústico.

4.6.5 CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

A freqüência crítica do vidro, efeito provocado nas altas freqüências onde há a queda do isolamento, é o principal fator a ser considerado para escolha e posterior utilização dos vidros. Para um vidro de 4 mm de espessura, esta freqüência crítica situa-se nos 3.000Hz.

Sichieri et al (2007, p.20) destaca que:

[...] “O comportamento do vidro quanto ao isolamento a ruídos varia de acordo com sua espessura e composição, sendo que cada um possui uma determinada freqüência crítica, para a qual o material vibra mais facilmente e há uma queda de isolamento. Essa freqüência crítica situa-se nas mais altas freqüências quanto menor for a espessura do vidro”.

Efeitos de ressonância¹⁶, provocado pelas baixas freqüências também devem ser considerados, pois há um aumento da amplitude. Assim, é recomendado que se especifiquem vidros de modo a isolar de maneira homogenia todas as freqüências, utilizando-se vidros com diferentes espessuras para barrar todas as freqüências e não ocorrer os efeitos citados acima.

4.6.7 RECOMENDAÇÕES DE UTILIZAÇÃO

O desempenho do vidro só pode ser obtido se aplicado em caixilhos especiais que apresentem sistemas de roldanas perfeitamente fabricadas para barrar a passagem do som por suas frestas através de aplicação de isoladores e utilização de gaxetas de neoprene quando o caixilho não precisar correr sobre trilhos (basculante).

O sistema de vidro duplos também deverão ser providos de silicone (vedação impermeabilizante) para não facilitar a entrada de ar e causar umidade e vapor d'água no interior do conjunto.

¹⁶ Ressonância: É um aumento relativamente grande da amplitude quando a freqüência de alguma fonte de som ou vibração “coincide” ou sincroniza-se com a freqüência natural de vibração de algum objeto, componente ou sistema. Manolo et al (2005).

4.6.8 CUSTO

Os vidros laminados apresentam um valor médio de R\$ 158,00 com 6mm, R\$ 166,00 com 8mm, R\$ 203,00 com 10mm e R\$ 230,00 com 12mm, não estando incluso o custo da mão-de-obra, conforme consulta a revista Construção e Mercado.

4.6.9 TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO

Para que se obtenha um isolamento homogêneo em todas as faixas de frequências, Sichieri et al (2007, p.20) recomenda a utilização de lâminas de vidros com diferentes espessuras e com camada de ar:

[...] Cuidados a este respeito podem ser tomados com o aumento da espessura do vidro ou com a composição de vidros duplos ou triplos com diferentes tipos ou espessuras de vidros, de forma que as frequências críticas dos componentes não sejam coincidentes. A espessura da camada de ar entre os vidros é também uma variável importante no isolamento do conjunto.

De acordo com matéria publicada no site do CREA – MT, “A atenuação acústica alcançada por janelas fixas é de 3 a 4 dB superior à alcançada por janelas móveis, mesmo contando com vedações elásticas bem ajustadas. Vedações de baixa qualidade acarretam diferenças de 7 a 12 dB.

Os tipos de vidros mais utilizados nos edifícios de escritórios são os vidros duplos, laminados (com resina ou polivinil butiral) ou duplo laminado. Antes de escolher qual deles utilizar é preciso saber a localização da edificação em relação às fontes de ruídos e o nível de exigência do conforto acústico a ser atingido.

O bom desempenho dos vidros laminados está relacionado ao uso do filme de polivinil butiral (conhecido como PVB), espessura da massa e assimetria da composição. Este filme ajuda a suavizar a frequência crítica, homogeneizando o valor de isolamento em todas as faixas de frequências. “Os vidros laminados apresentam um ganho geral de performance de

2dB em relação aos outros tipos de vidro com mesma espessura” Sichieri et al (2007, apud Scherer, 2005, p.20).

Seu desempenho também está relacionado com a espessura da película de PVB utilizada. Segundo fabricantes de PVB, quanto mais espessas, maior a atenuação sonora. Existem películas com espessuras de 0.38mm, 0.76mm e 1.58mm.

O processo de laminação de um vidro utiliza-se de pressão e calor (Fig. 55). As placas de vidro recheadas com PVB são prensadas por uma calandra que elimina todo o ar existente entre as camadas, promovendo a adesão das placas ao PVB. O painel formado por esta composição (vidro + PVB + vidro) passa por uma autoclave para receber nova carga de pressão e calor para garantir a total adesão dos componentes.

Segundo Loris Cavaşin¹⁷, o vidro duplo pode ser produzido pelo processo manual, semi-automático ou automático, e é curioso saber que o tempo de fabricação de um vidro com área = 1m², pelo processo automático, varia de 25 segundos para dois vidros sem gás e 45 segundos para três vidros com gás.



Figura 55. Sistema de aplicação de PVB nos vidros

Fonte: Revista O Vidroplano

¹⁷ Loris Cavaşin é gerente de Exportação da Forel, fabricante italiana de máquinas para produção de vidro.

Os vidros temperados apresentam melhor desempenho no Índice de Redução Acústica (Rw) em relação aos vidros monolíticos de mesma espessura. (MANOLO et al, 2005).

“Nos impressos e temperados, porém, como a superfície do vidro pode ter certa irregularidade, será necessário usar folhas adicionais de PVB normal, junto com uma lâmina de PVB acústico”, afirma Roberto Takashi Toyohara¹⁸, em entrevista à mesma revista.

Porém, segundo Luciano Arruda¹⁹, em entrevista à revista FINESTRA, edição 41 de MAIO de 2005, “Muitas camadas de PVB dificultam o processo de laminação, devido à maior quantidade de ar que se cria nas interfaces dos materiais”.

Também, em alguns edifícios são utilizados vidros duplos, ou seja, lâminas de vidro separadas por uma camada de ar seco ou com gás argônio, nitrogênio ou outros gases. Em alguns casos são utilizados vidros triplos.

A utilização de vidros duplos, segundo Sichieri et al (2007), com uma camada de ar de 20 mm ou menos em nada contribui para o isolamento acústico, equivalendo-se à utilização de uma única lâmina (vidro simples) de massa equivalente (soma das duas espessuras de lâminas), principalmente para baixas e médias frequências.

A utilização de vidros duplos com espaçamento de ar entre as lâminas ou insulados de mesma espessura do conjunto de um vidro laminado oferecerá desempenhos semelhantes, porém com custo-benefício, bem diferentes. Caso se opte pelo uso do vidro duplo, esta decisão deve estar baseada em atender aos requisitos térmicos que esta solução também pode proporcionar.

De acordo com testes realizados por Manolo et al (2005, p.655) em câmara acústica, diferentes tipos de vidros, submetidos ao ruído rosa:

[...] “para a frequência de 250Hz e 500Hz, os vidros laminados, o monolítico de 6mm e o temperado tem melhor performance acústica que o vidro duplo (Vidro 6mm + camada de ar de 8mm + vidro 4mm) e praticamente se equiparam aos resultados do vidro duplo (Vidro

¹⁸ Roberto T. Toyohara é assistente técnico da Sekisui, fabricante de PVB.

¹⁹ Luciano Arruda é gerente de marketing da Solutia única produtora de PVB no Brasil.

8mm + camada de ar de 6mm + vidro de 4mm). Por tanto, para estas condições de ruído, caso o projetista especifique um vidro laminado ou monolítico, ao invés do duplo, será constatado melhor isolamento com o custo bastante reduzido. Ou seja, a câmara de ar, para essas condições, não contribui para a absorção acústica”.

Assim de acordo com o quadro seguinte, somente espaçamentos superiores a 20 mm e inferiores a 50 mm há um ganho significativo de isolamento. Distâncias maiores apresentam ganhos nada sensíveis ao ouvido humano e sua utilização se torna inviável devido aos custos dos batentes dos caixilhos além do destaque do sistema de fechamento, ocasionando um efeito nada agradável.

O quadro 9 apresenta resultados referentes ao índice de Redução acústica (R_w), dados em dB, para utilização de vidros duplos com espaçamento de ar entre as lâminas. Os resultados referem-se à utilização de qualquer tipo de vidro, uma vez que, de um para outro não foram identificados alterações sensíveis.

Tabela 18 – Índice de redução acústica de vidros duplos com câmara de ar (R_w).

Espessura Total de lâminas de vidro (mm)	Espaçamento entre vidros (mm)			
	20	50	100	150
	Índice de Redução Acústica R_w (dB)			
12	31	33	33	33
14	32	33	33	34
16	33	34	34	34

Fonte: SCHERER (2005 apud SICHIERI et al, 2008).

4.6.10 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

A Sekisui, empresa fabricante de PVB disponibiliza o S-LEC Acoustic Film®. Sua composição se dá pelo uso de três camadas de PVB, sendo as de fora o PVB normal e a de dentro o PVB acústico com espessura de 0.76mm. A capacidade acústica está na espessura do material.

A fabricação do laminado com PVB acústico é semelhante a da laminação com PVB comum e tem como requisito a assimetria dos vidros para que haja uma perfeita laminação, assegura Elvira Neves²⁰, em entrevista à Revista O Vidroplano, edição 404.

4.7 TRATAMENTO DOS RUÍDOS GERADOS PELO AR CONDICIONADO

4.7.1 DESCRIÇÃO

Os sistemas de ar condicionado, muito utilizados para a climatização artificial de ambientes corporativos, geram ruídos incômodos aos ocupantes destes espaços para o desenvolvimento de suas tarefas.

Segundo Nogueira (2002, p. 24), o ar condicionado “consiste em controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição do ar para atender as necessidades ambientais, significando que o ar ficará compatível com o que se deseja independente das condições externas”.

4.7.2 UTILIZAÇÃO e CLASSIFICAÇÕES

Cada ambiente requer um cuidado especial para sua utilização. “[...] No caso de um edifício de escritórios de uma só companhia, que dispõe de verbas e deseja um prédio que faça grande propaganda da mesma e, no caso de outro, com salas para alugar de custo mínimo, poderá haver soluções bem diferentes” Silva (2002, p.224).

Assim, os sistemas de ar condicionado podem ser apresentados e utilizados na seguinte maneira:

- 1) Ar condicionado de janelas;

²⁰ Elvira Neves é responsável pelo Desenvolvimento de Mercado para a América do Sul, da Solutia, única produtora de PVB no Brasil.

- 2) Mini-centrais;
- 3) Mini-centrais do tipo multisplit;
- 4) Self-contained;
- 5) Chiller;
- 6) Fan coil ou climatizador.

Para controle do ruído gerado pela adoção destes equipamentos, primeiramente deve ser feita a seleção de seus componentes e depois uma instalação adequada.

Em relação aos componentes, as principais fontes de ruídos encontram-se:

- A) Nos ventiladores (circuladores de ar) e difusores (superfície dos dutos);
- B) Nos formatos dos dutos;
- C) Na velocidade do ar;
- D) Nas turbulências provocadas pela velocidade do ar;
- E) Na capacidade dos abafadores ou difusores;
- F) Nos motores;
- G) Nos compressores

4.7.3 CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

Em se tratando do item (A) – **ventiladores e difusores**, o cuidado deve ser tomado para que “a entrada e saída de ar seja a mais suave possível, para minimizar a geração de turbulência. Condições que produzem turbulência do fluxo de ar normalmente resultam na geração de ruído maior e aumento da pressão estática no sistema.” (NOGUEIRA, 2002, p.25).

Nepomuceno (2008) (informação verbal) recomenda que sejam utilizados atenuadores com velocidade de face por 6m/s e locar dutos de ar para as salas privativas separados dos dutos que irão servir as demais áreas (Fig.56). O que ocorre em muitos casos é que são utilizados os mesmos dutos e através dos difusores as conversas geradas em uma sala

podem ser ouvidas nas salas vizinhas, sem nenhuma privacidade, conforme esquema ilustrado a seguir.

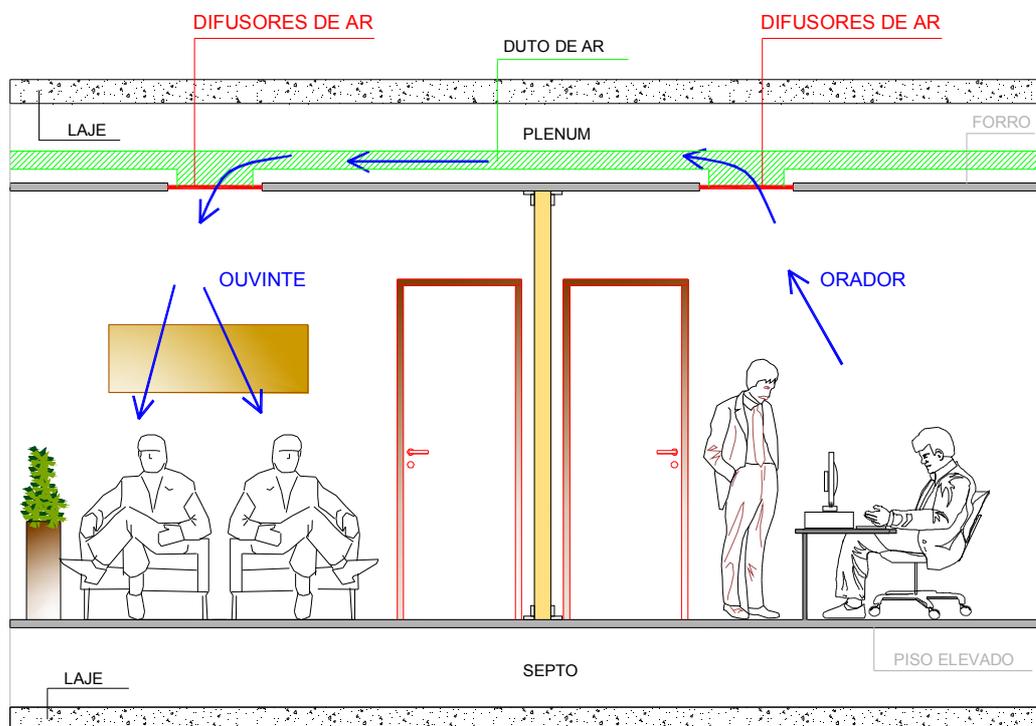


Figura 56. Falta de privacidade na utilização de um mesmo duto para salas com privacidades diferentes.

Fonte: Desenho esquemático elaborado pela autora.

No item (B) - **formato dos dutos**, a mesma autora sugere que se mantenha o escoamento de ar laminar, de velocidade uniforme em todos os pontos. Isso deve ocorrer para que não haja pontos em que o ar se misture a ponto de criar turbulências e gerar ruídos.

Estes dutos podem ser divididos em dois sistemas: o de baixa e o de alta velocidade.

No sistema onde se opte pela alta velocidade do ar, o ruído pode ser atenuado através de forros, joelhos com ângulos adequados e divisão da pressão sonora entre o duto principal e suas derivações.

Sobre a utilização desta solução, Silva (2002, p. 254) propõe que

[...] “A primeira regra é secionar o duto, tornando-o descontínuo e adotar no trecho segmentado uma luva ou junta flexível de lona ou material plástico. Com isso, cortamos grande parte das vibrações via sólida. Entretanto, o ruído via aérea continua. Para combater as

múltiplas reflexões através do duto, pode-se adotar a solução de revesti-lo com material absorvente tipo feltro”.

Primeiramente no Brasil, na década de 70, eram utilizadas as mantas conhecidas como BEDIM, que é um poliéster texturizado. Ela era utilizada com espessuras de 3 mm a 10 mm e revestia todas as paredes dos dutos para absorver os ruídos causados pelas turbulências do ar.

Atualmente esta disponível no mercado e é de grande utilização o uso do FLEXLINER, da ISOVER, especialmente desenvolvido para uso em ar condicionado. Trata-se de um feltro em lã de vidro com a opção em painéis, aglomerada por resinas sintéticas, revestidos com uma das faces por véu de vidro preto, para revestimento interno do duto (Fig.57) e possuem as seguintes características:

Tabela 19 - Característica do Flexliner, da ISOVER

FLEXLINER	DIMENSÕES	DENSIDADE	ESPESSURA
FELTRO	1.200mm x 25.000mm	20 e 30 kg/m ³	13 e 25 mm
PLACA	625mm x 1.250mm	50 kg/m ³	20 mm

Fonte: Catálogo Isover

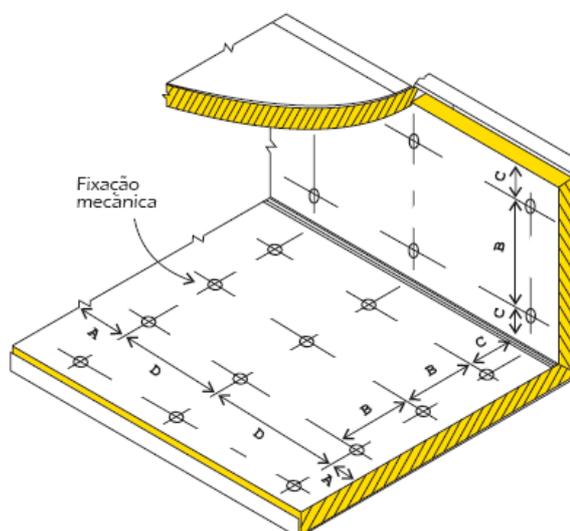
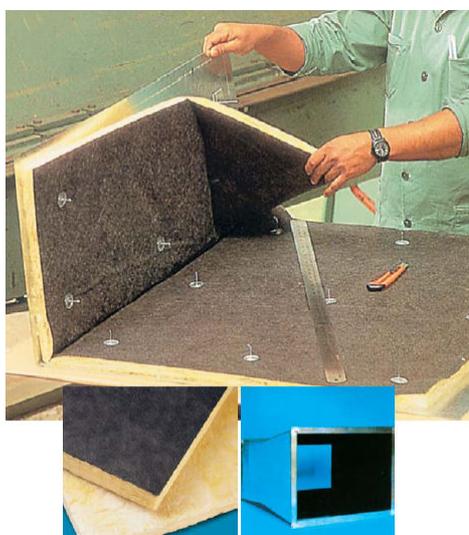


Figura 57. Visualização do feltro e da placa em lã de vidro e sistema de fixação mecânica respectivamente

Fonte: http://www.isover.com.br/isover/pdf/produtos_catalogos/Flexliner.pdf

Tabela 20 - Coeficiente de Absorção Sonora

Coeficiente de Absorção Sonora (α - Sabine)					
Freqüência (Hz)	125	250	500	1000	2000
FL 35x13	0,03	0,10	0,31	0,58	0,72
FL 20x25	0,07	0,22	0,50	0,62	0,75
FL 50x20	0,05	0,25	0,57	0,78	0,87

Espessuras: Feltro 13mm e 25mm - Placa 20mm
 Resultados testados e certificados pelo IPT/SP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas)

Fonte: Catálogo Isover

Segundo o Engenheiro José Ricardo L. Rezende²¹, (informação verbal) além dos cuidados de absorção, deve-se fazer o isolamento dos dutos. Isto pode ser feito com o emprego de dupla camada de gesso revestindo todas as paredes externas do duto. Este isolamento é necessário para isolar os ruídos provenientes da garagem (buzinas, motores dos automóveis, outros) por onde normalmente passam os dutos. Uma vez gerado o ruído ele entra em contato com a superfície do duto fazendo com que o mesmo vibre e conduza este ruído para a parte interna do duto, criando um caminho sonoro até as grelhas de insuflamento.

No item (C e D) – velocidade do ar e turbulências provocadas pela velocidade do ar, o uso dos sistemas de dutos de alta velocidade requerem cuidados ainda maiores, pois, o excesso de velocidade do ar é a principal fonte de ruído presente.

A utilização de dutos de alta velocidade requer também espaço considerável no plenum principalmente para grandes edifícios e uma seção pequena em cruz, geometria que cria turbulência de ar e reduz a eficiência do sistema, por tanto, não podem ser usados em sistemas onde seja preciso obter ambientes com baixos níveis sonoros.

Uma técnica utilizada recentemente, cujo conhecimento foi obtido pela autora em participações de seminários, é a utilização de grelhas com pequenos furos em toda a área

²¹ José Ricardo L. Rezende é engenheiro civil da GS Engenharia. Atualmente projetou espaços acústicos dos SESC's em São Paulo. Esta recomendação foi obtida através de palestra assistida no IV Seminário de Acústica arquitetônica Contemporânea.

da seção, capaz de proporcionar a linearidade do ar fazendo com que não haja mais a geração do ruído por conta das turbulências de ar.

No item (E) – capacidade dos abafadores e difusores deve-se realizar a utilização correta das dimensões dos difusores em função da quantidade e velocidade máxima a ser lançada para dentro do ambiente, ou seja, quanto mais difusores, menor pode ser sua seção.

No item (F e G) - nos motores e nos compressores recomenda-se que seja plugado um silenciador na saída do ar para evitar o ruído proveniente dos motores e compressores para atenuar os ruídos.

Outra solução é a realização do enclausuramento (ou isolamento) sonoro. Para isto, Silva (2002, p.250) faz uso de alguns elementos.

[...] “Utilizamos paredes, telhados (tetos), estrutura (vigas, lajes, painéis), barreiras especiais, janela ou portas isolantes acústicas, capazes de atenuar os ruídos originados nas máquinas, levando-os a níveis compatíveis com seus ambientes e prevenindo-os de incomodar os vizinhos ou o próprio usuário do ambiente”.

O Engenheiro José Ricardo L. Rezende indica a utilização de veneziana acústica na casa de máquinas para fazer com que o som gerado pelos motores seja atenuado ao atingirem a parte externa. (informação verbal).

4.8 MASCARAMENTO SONORO

O nível máximo de ruído de fundo é normalmente controlado através de tratamento com divisórias, forros de alto desempenho, aplicação de painéis nas paredes, tipo adequado de piso, adequada distribuição do mobiliário e demais materiais absorventes e técnicas pontuais, porém “são insuficientes em alcançar um grau ótimo de privacidade acústica” (NOGUEIRA, 2003, p.28).

Por isto que além da utilização de todos os materiais e de todas as técnicas mostradas até agora, ainda assim a atenuação sonora poderá, dependendo da situação, não obter os

níveis desejados e não haver um controle do nível de ruído de fundo e conseqüentemente não alcançar a privacidade acústica esperada.

Isto poderá acontecer se o ruído de fundo for muito baixo, gerando desequilíbrios de privacidade na comunicação entre interlocutores próximos e aumento da inteligibilidade a partir de determinada distância.

Para promover assim o equilíbrio entre a comunicação e a privacidade e diminuir a variação do nível de ruído de fundo, segundo pesquisa realizada por Cordeiro e Slama (2004), são utilizados sistemas eletrônicos de mascaramento, técnica ainda pouco explorada nos projetos acústicos brasileiros.

Mascaramento é “o efeito que ocorre quando o ruído de fundo se soma ao som de interesse e faz com que este som necessite de maior energia para ser identificado, ou seja, eleva subjetivamente o limiar de audibilidade para o som de interesse” (CORDEIRO e SLAMA, 2004, p.43).

O Sistema Eletrônico de Mascaramento Sonoro é um sistema emissor de ondas sonoras na faixa de frequências audíveis pelo ser humano (entre 20 Hz a 20.000 Hz). Estes emissores são caracterizados por discretos alto falantes que são (Fig. 58), de maneira geral, instalados sob forro, conforme pode ser observado na imagem a seguir.



Figura 58. Emissores instalados sob o forro acústico detalhe e vista geral

Fonte: <http://www.mascaramentosonoro.com.br>

Estes auto falantes emitem um ruído de fundo ajustável, que estabelece um novo padrão sonoro, minimizando os ruídos produzidos por campainhas de telefones, vozes, ar condicionado, entre outros, favorecendo a concentração e inteligibilidade da fala, criando uma sensação de abafamento dos ruídos existentes.

Segundo Nogueira (2002, p. 29), estes sistemas eletrônicos de mascaramento

[...] “são compostos basicamente de um gerador de ruídos eletrônicos pseudo-randômico e de um sistema de alto-falantes. Na maior parte de vezes, as unidades do sistema de mascaramento, como filtros, pré-amplificadores, amplificadores e o próprio gerador de ruído estão localizados em uma sala própria para o equipamento de som, enquanto os alto-falantes ficam suspensos sobre o forro acústico, no espaço denominado *plenum*”.

4.8.1 FORNECEDORES

Para instalação destes equipamentos, algumas empresas fornecedoras são conhecidas:

- **Knauf AMF** – Empresa Alemã, presente no Brasil desde maio de 2001;
- **Nivel-Som Tratamento Acústico e Decorações Ltda** – Empresa nacional, localizada em Curitiba / PR.

4.8.2 UTILIZAÇÃO

A utilização de um nível de ruído de fundo mais alto de maneira a encobrir a conversa de intrusão, ou seja, um som mascarando os sons de uma sala transmitidos entre as estações de trabalho faz com que a privacidade seja melhorada. A redução do excesso do ruído de fundo pode ocasionar a escuta dos ruídos gerados em outras estações de trabalho e podem perturbar.

Os ruídos de intrusão se originam na fala e nos equipamentos e segundo Cordeiro e Slama (2004) dependem das seguintes variáveis:

- Amplitude sonora da fonte, sua direção e orientação;

- Atenuação do ruído intruso, resultante da combinação da redução pela distância e da proteção dada pelas barreiras;
- Incremento do som direto pelas reflexões sobre as superfícies que compõe o ambiente;
- Nível de ruído de fundo no ouvido do receptor, que dependerá principalmente do sistema de mascaramento, mas sofrerá a influência dos sistemas de ventilação, ar condicionado e iluminação.

Como o objetivo é promover o equilíbrio entre a comunicação e a privacidade, é necessário utilizar um som com espectro, nível de intensidade e distribuição adequadas.

Nogueira (2003) recomenda para isto, a utilização de:

- Um tipo especial de sistema sonoro que promova o mascaramento, usado para gerar um ruído de fundo moderado e constante;
- Certo ruído de fundo controlável e sem conteúdo significativo, obtendo-se uniformidade e níveis sonoros desejados;
- Um ruído que deve ser de banda larga com um ruído aleatório, mas com energia reduzida nas altas frequências para evitar que o ruído soe como um “eco”.

Também, segundo as recomendações de Nogueira (2002), não deve ser utilizado o ruído branco²² e o ruído rosa²³ por não ser adequados ao mascaramento, embora tenham espectro distribuído de forma constante, são obstrutivos e causam incômodos.

²² Ruído branco é um tipo de ruído produzido pela combinação simultânea de sons de todas as frequências. O adjetivo branco é utilizado para descrever este tipo de ruído em analogia ao funcionamento da luz branca, dado que esta é obtida por meio da combinação simultânea de todas as frequências cromáticas. Por conter sons de todas as frequências, o ruído branco é freqüentemente empregado para mascarar outros sons. (WIKIPÉDIA).

²³ Ruído Rosa caracteriza-se por manter a potência (energia) igual entre todas as oitavas sonoras (e também em qualquer outra escala logarítmica). Em termos de uma banda de frequência constante, o ruído rosa decai numa razão de 3 dB por oitava. Em altas frequências o ruído rosa nunca se torna dominante tal qual o ruído branco que possui energia constante em função da frequência. Do ponto de vista teórico, a produção de um verdadeiro sinal de ruído rosa é impossível, pois a energia desse sinal seria infinita, assim como para o ruído branco. Esses sinais são aproximados dentro da banda de frequências desejadas. (WIKIPÉDIA).

Cordeiro e Slama (2004) também não recomendam a utilização de músicas, mesmo que instrumental por conter sons tonais, que carregam informação e causam distração.

A utilização de fontes naturais de mascaramento como ruído de quedas d'água e ondas podem ser utilizados, porém, para obter um som com estas características, com uniformidade e possibilidade de uso em vários locais, devem-se utilizar sistemas sonoros com geração eletrônica de sinais.

Um exemplo de mascaramento sonoro pode ser citado pela utilização no prédio do "Citibank", na Avenida Paulista, em São Paulo. Segundo Neves (2002), nos ambientes, foi tomado partido do ruído gerado pela circulação de ar do ar condicionado e adicionado um mascaramento eletrônico com alto-falantes sobre o forro, imitando o barulho da chuva. "É muito baixinho e quase imperceptível, mas funde-se com o som do ar condicionado e mascara as vozes do ambiente" (NEVES, 2002, p.120).

4.8.3 CUSTO

Para a utilização do sistema de mascaramento sonoro, segundo contato realizado com fornecedor, deve-se levar em consideração a metragem quadrada da área que se quer trabalhar. Quanto maior a área menor o custo. Para uma área de 400m² o custo médio é de R\$250,00 o metro quadrado e são utilizados em média 1 alto falante para cada 7 a 9m², dependendo dos materiais de acabamento presentes no espaço e números de pessoas.

Segundo cotação realizada na empresa AMF, um painel Áudio System pode ser usado a cada 100m², apresentando um custo de R\$2.100,00 a R\$2.500,00, dependendo da quantidade de painéis que forem instalados.

4.8.4 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Novas tecnologias e soluções também estão atualmente incorporadas na utilização desta técnica. A *AMF*, por exemplo, fabrica um painel denominado **AUDIO SYSTEM®** (Fig. 59), com aplicação em espaços corporativos.

Trata-se de um painel alto falante plano, que tem como diferencial ser integrado ao forro mineral, ou seja, seus emissores não são visíveis. Estes painéis se apresentam do tamanho e com a aparência de um módulo de forro, no mesmo padrão de acabamento do forro especificado ou já instalado, que se mescla com o resto do forro acústico, proporcionando continuidade estética.



Figura 59. Painel **ÁUDIO SYSTEM®** integrado ao forro mineral

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

Este painel trabalha com os princípios de conversão de ondas, com qualidade HI-FI (Sistema de Alta Fidelidade), tanto para a fala quanto para a música, com 180° de emissão sonora, ou seja, emite ondas sonoras que anulam os ruídos gerados no ambiente e faz com que o som de interesse seja mais bem identificado, sem que haja interferências (Fig.60).

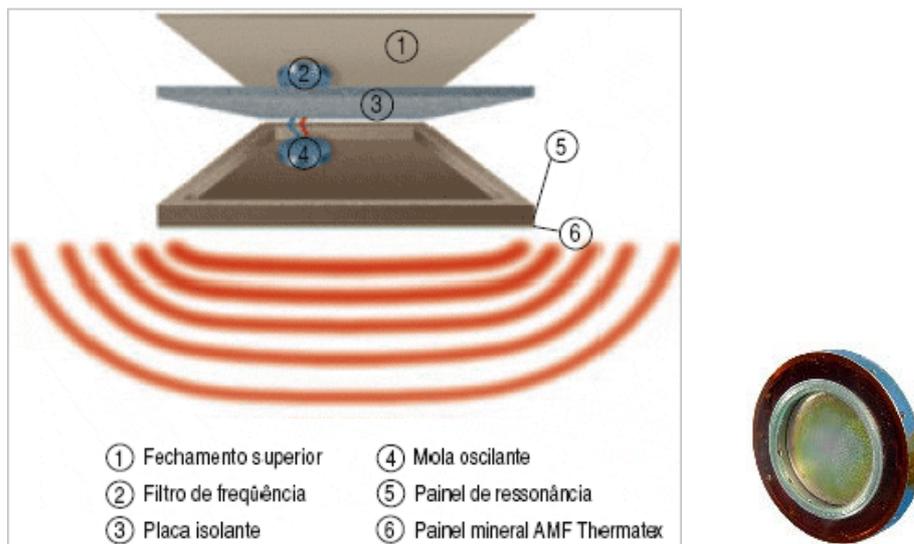


Figura 60. Detalhe do Painel ÁUDIO SYSTEM® e detalhe da mola oscilante

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

O AUDIO SYSTEM® é um painel estruturado com mola oscilante integrada, com capacidade de 30 a 60 Watts RMS, com frequência de transmissão de 120 a 18.000 Hz, pesando em média 5kg e Redução Sonora de 3dB para cada vez que se dobra a distância.

Sua instalação proporciona distribuição sonora uniforme (Fig.61), sem que haja locais em que o volume de som seja baixo, ou seja, insuficiente para cobrir o ruído de intrusão, o que acaba acontecendo nos sistemas tradicionais utilizados, conforme pode ser observado na imagem abaixo.



Figura 61. Sistema Tradicional e Sistema Áudio System da AMF

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

Para sua utilização é necessário que se leve em consideração as seguintes recomendações:

- **Emissão de fundo:** 1 painel de Áudio System de 30 Watts para cada 100m²;
- **Emissão de ondas ambiente Hi-Fi:** 1 painel de Áudio System de 60 Watts para cada 100m² (o sistema necessita de complemento em graves).

Na imagem abaixo (Fig.62) se pode verificar as distâncias máximas recomendáveis entre a instalação de um painel e outro. É possível notar que um alto falante AMF substitui de 6 a 8 alto falante convencionais.

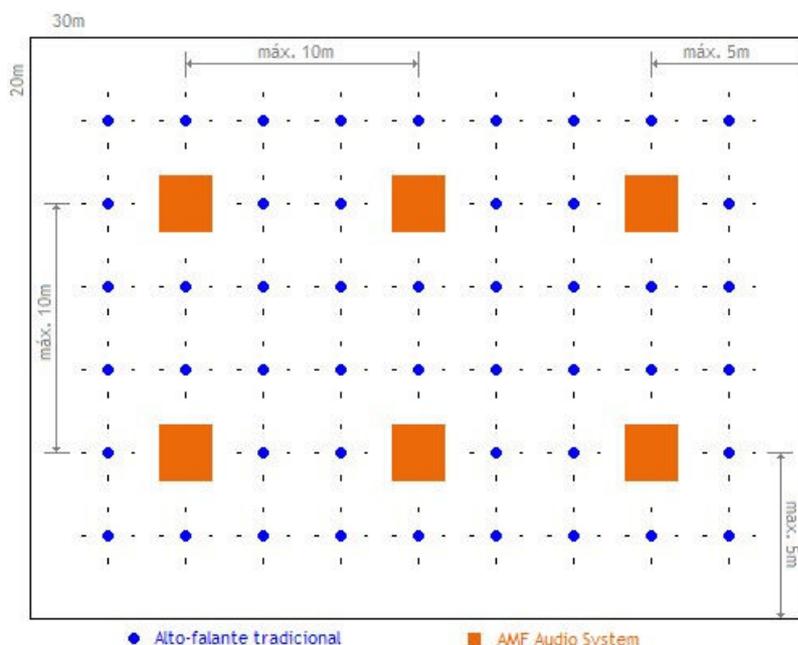


Figura 62. Distâncias máximas recomendáveis para utilização do Áudio System

Fonte: <http://www.amf-brasil.com.br>

Um alto falante deve ser especificado a cada 100 m², em média, conforme recomendações do fabricante de forros AMF. Na figura em cima, observa-se que foram utilizados 6 painéis em 600 m². Devem ser instalados no máximo a 5m da parede e distantes um do outro no máximo 10m.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES



Nos estudos iniciais desta pesquisa, foi possível conhecer a ocupação territorial que caracteriza os pólos administrativos, em que os edifícios de escritórios estão inseridos. Com isto foi possível caracterizar as condições do ambiente sonoro e verificar a necessidade do uso de materiais apropriados para se obter conforto sonoro nestas edificações.

O levantamento das evoluções tipológicas proporcionou o conhecimento do formato dos espaços e modos de organização espacial encontrados atualmente, que impactam fortemente nas condições acústicas internas, ou seja, o *layout* atual é fruto de uma evolução e seu modo de organização influencia no conforto sonoro de seus ocupantes. Este conhecimento irá fornecer subsídios para a maneira com os materiais devem ser utilizados para melhorar o desempenho do edifício.

Para isso, o emprego de materiais adequados e a utilização de técnicas apropriadas, principalmente durante a fase de especificação, por parte dos arquitetos, engenheiros e construtores, necessitam ser aplicadas com rigor.

Com a análise da norma NBR 10152, para níveis de ruídos apropriados em edifícios de escritórios e de estudos realizados por diversos autores, foi possível concluir que, dentre os valores estabelecidos, pode-se obter a média de 50 dB (A) como índice médio aceitável de presença de ruídos, em edifícios de escritórios. Esta média deve ser um critério para a especificação de devidos materiais e técnicas para alcançar o nível desejado e estabelecido por norma.

É importante destacar também que, para a especificação dos materiais relacionados ao conforto acústico, devem-se levar em consideração o uso, as atividades que serão exercidas no espaço e as dimensões do espaço.

Para que o conforto acústico seja atendido, esta pesquisa trouxe recomendações importantes e que devem ser levadas em consideração no momento da elaboração do projeto. Para isto, devem-se utilizar alturas, dimensões, espessuras e densidades adequadas de painéis divisórios, adequadas distribuição do mobiliário, forros acústicos e

pisos apropriados, tratamento de paredes e dos ruídos gerados pelo ar condicionado, além da utilização de técnicas como mascaramento sonoro.

Observou-se também que alguns fabricantes destes materiais, constantemente buscam atender à demanda e às necessidades dos especificadores, com melhorias em seus produtos, agregando valores econômicos, funcionais e estéticos. No entanto alguns materiais ainda são restritos, ou seja, não existem outras possibilidades de escolha, seja do produto ou do fornecedor para especificação.

Encontrar índices de classificação acústica dos materiais apresentados neste trabalho, exceto forros minerais, foi dificultoso, uma vez que, estes índices são pouco apresentados por seus fabricantes em seus catálogos de produtos. De qualquer maneira, serão avaliados individualmente cada material em relação a estes índices e serão descrito a seguir.

5.1 FORROS MINERAIS

5.1.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

Quanto às técnicas a serem utilizadas, alguns conhecimentos são importantes, a saber.

As maiorias dos modelos dos forros minerais apresentam suas superfícies fissuradas. Estas características favorecem os índices de α_w e NRC e devem ser levadas em consideração, principalmente em relação ao custo, quando se tratar de forros minerais simples. Existem forros minerais de superfície lisa, com ótimos índices de absorção, aliando estética e desempenho, porém, com um custo superior ao dos forros simples.

Nos forros acústicos deve ser evitada a realização de pintura, para que não haja o selamento de suas superfícies e conseqüente diminuição da absorção. Quando requerida, ela deve ser realizada na fábrica, pelo fabricante, que deve utilizar métodos que causam menos selamento da superfície, para que não se percam as propriedades de absorção.

Para a utilização do forro mineral, as instalações a serem dispostas no forro, como sistemas de ar condicionado, sprinklers e sistema de iluminação, devem ser compatibilizadas.

Em locais onde houver pé-direito elevado, com volume muito grande, David Akkerman¹, consultor em acústica, sugere que se crie um sobre forro com painéis e com mais duas polegadas de lã de rocha, com recobrimento utilizando um forro de NRC de 0.90 ou, jatear com celulose e realizar o mesmo recobrimento.

Outra técnica encontrada, foi a utilização de placa absorvedora ILLTEC, da Illbruck, com 30mm de espessura, colado a um forro mineral de alta densidade, obtendo índices de absorção de 0.90. Observa-se assim que, aumentando a espessura do sistema, com a utilização de um material de grande densidade e um material muito poroso, é possível obter índices maiores de absorção acústica de um lado do forro e conseguir isolamento sonoro na outra face do produto.

A utilização de forro de gesso, confeccionadas por placas de gesso comum ou acartonado, é inaceitável para utilização em escritórios por apresentar baixo coeficiente de absorção sonora, proporcionado altos índices de reflexão sonora.

B) Materiais

Para a utilização dos forros minerais, os fabricantes precisam fazer que seus produtos atendam a NBR 9442/1986 e devem absorver sons produzidos de 500 Hz a 4000 Hz, por se tratar das faixas de frequência da voz humana, cujas intensidades sonoras serão submetidos.

A escolha do forro deve permitir limpeza e boa resistência mecânica de seus perfis e em relação à sua densidade e compactação para que não haja grandes índices de quebra de borda.

¹ David Akkerman, consultor em acústica.

Quando da vontade do especificador em utilizar forros, que possibilitam a aplicação de cores, esta pesquisa teve como resultado, o conhecimento da possibilidade de se adquirir forro de lã de vidro, revestido com véu de vidro na cor desejada. Têm-se assim os modelos High e Plus, da linha PRISMA, fabricado pela ISOVER. Porém, observa-se nos projetos de edifícios de escritórios, que a cor branca prevalece pela capacidade de propagação de luz. Forros acústicos com véu de vidro preto, por exemplo, são utilizados geralmente em estúdios de gravação e salas de espetáculos.

A utilização dos forros minerais também passa por restrições. Eles não devem ser empregados abaixo de coberturas que não utilizam proteção térmica apropriada, como é o caso das coberturas de telhas cerâmicas, fibrocimento e metálica e em áreas com umidade relativa do ar superior ao limite do produto. Se alguma característica inicial do produto for alterada por estas razões ou em função de outras, o desempenho acústico do material em absorver os ruídos internos estará comprometido.

Novas propriedades também foram acrescentadas na fabricação de forros utilizados nos últimos dez anos, como é o caso do forro denominado CLEAN ROOM da AMF, que previne o acúmulo de partícula de pó, possibilitando seu uso em áreas que requerem possibilidade maior de higiene e limpeza.

Novas tecnologias também foram adicionadas, procurando obter absorção sonora em área cada vez maiores nos teto (forros), é o caso da utilização dos painéis AUDIO SYSTEM e BEAMEX SYSTEM.

O Painel AUDIO SYSTEM, da AMF, é um painel alto falante plano que se integrada ao forro mineral, apresentando tamanho e aparência de um módulo de forro, capaz de emitir ondas que anulam as ondas sonoras produzidas num espaço interior.

O Painel BEAMEX SYSTEM, também da AMF, é um painel de forro operado eletronicamente, através de acionamento eletrônico, como um alçapão motorizado,

integrado ao forro, também com o mesmo tamanho e aparência de um forro mineral, criado para abrigar projetores de slides, vídeo e projetores LCD acima dos painéis do forro.

5.1.2 Noise Reduction Coefficient (NRC) – Coeficiente de Absorção Sonora

O NRC é um padrão de classificação norte-americano. Esta classificação é a mais utilizada para obter o índice médio do coeficiente de absorção dos forros minerais pelos especificadores.

Nos catálogos, prospectos e apresentações verbais, de imediato este índice é apresentado para conhecimento do desempenho do forro, ou performance acústica, como é muito divulgado pelos fornecedores.

Sendo assim o valor do NRC pode ser facilmente encontrado em todas as fontes onde se realiza uma busca, seja ela de compra, comercialização ou informações do material.

Os forros são considerados acústicos, a partir do índice de Redução Sonora (NRC) de 0.50, existindo atualmente, forros com NRC de 0.90, caracterizados como os melhores em absorção acústica existente no mercado.

Sobre este último índice, esta pesquisa resultou no encontro do Forro THERMATEX THERMOFON e THERMATEX ALPHA, da AMF, ambos de acabamento liso, sem perfurações e sem presença de lã de vidro com NRC de 0.90 com espessura de 15 mm e NRC de 0.95 com espessura de 19 mm, ambos qualificados para utilização em espaços corporativos.

Ainda dentro dessa linha, existem os forros OPTIMA VECTOR e ULTIMA VECTOR, da HunterDouglas, produzido em fibra de vidro, com uma membrana DuraBrite acusticamente transparente, que apresentam ambos NRC de 0.90 e AC de 190, com 24mm de espessura.

Outro fabricante de forros que dispõe de um forro com alto índice de absorção acústica é a ISOVER, com o forro PRISMA, constituído de lã de vidro revestido com véu de vidro decorativo na face aparente, apresentando NRC 0.85.

A HunterDouglas, em sua linha de forros ARMSTRONG, disponibiliza o forro denominado Techstyle, composto por fibra de vidro e membrana de poliéster, apresentando NRC de 0.85, com diferencial em absorver em 100% os ruídos gerados na frequência de 250Hz (baixa frequência). Sua utilização se torna interessante quando o principal objetivo é absorver baixas frequências.

É interessante ressaltar que, num ambiente de escritórios, a quantidade de ruídos gerados em baixa frequência é menor do que aqueles produzidos em altas frequências. Sendo assim, o uso deste forro, deve estar atrelado à intenção do projeto em absorver baixa frequência.

5.1.3 Coeficiente de absorção sonora ponderado (α_w)

Este índice é freqüentemente encontrado nos catálogos de forros minerais, porém existem catálogos de grandes fornecedores que esta informação não é disponibilizada. Embora seja um índice de extrema importância, em boa parte dos catálogos quando ele é informado, sua apresentação fica logo após os valores de NRC, ou seja, torna-se assim uma informação secundária e não primordial.

Baseando-se nos catálogos em que esta informação é disponibilizada podemos apontar o forro THERMATEX THERMOFON e THERMATEX ALPHA, da AMF, que apresentam α_w 0.80 e 0.90 respectivamente e que caracterizam como forros de alto desempenho. Os demais forros que apresentaram valores de NRC indicados no capítulo anterior não fornecem os valores de α_w de seus produtos.

A fabricante de forros illbruck – SONEXacoustic fornece os valores de α_w em seus catálogos, porém não disponibiliza nenhum forro com alto desempenho como mostrados até agora, apresentando forros com α_w de 0.70.

5.2 BARREIRAS ACÚSTICAS

5.2.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

O emprego de divisórias está mais diretamente relacionado com a técnica, tendo o material como apoio para as soluções.

Primeiramente é preciso saber da necessidade organizacional da empresa para, a partir daí optar pela utilização de divisórias piso-teto ou divisórias tipo painel (biombos).

A privacidade de fala é o principal item a ser considerado e a atenuação dos ruídos produzidos pela fala deve ser promovida em função da posição do orador e do ouvinte. Os sons mais distantes devem ser ouvidos, mas não inteligível. Os ruídos gerados nas superfícies de trabalho também devem ser levados em conta.

Assim, os caminhos de propagação do som de intrusão precisam ser conhecidos e a utilização de materiais e técnicas precisa ser aplicada. Sob o ponto de vista da técnica devem-se dispor barreiras próximas ao orador ou ao ouvinte, de modo a fazer que o som se curve para atingir o receptor do lado oposto da barreira, modificando o seu caminho de propagação e conseqüente atenuação.

Outra técnica utilizada é em relação à altura. Quanto maior a altura do biombo, maior será a atenuação sonora em virtude do caminho a ser percorrido, fazendo com que o som se enfraqueça. No entanto, não será possível especificar biombos com muita altura, pois irá resultar num efeito estético e sensação de enclausuramento nada agradável.

De acordo com a ASID (American Society of Interior Designers), indicam a altura de 1.65m, como sendo necessária para conter o som, destacando que, biombos com alturas inferiores a 1,34m são bastante ineficientes. Assim, se for desejável que se aumente a altura da divisória, sem perder o espaço visual, recomenda-se a utilização de vidros ou materiais translúcidos, respeitando a altura mínima de 1,34 de material opaco.

Em relação à utilização de vidros, é recomendado que se use vidros duplos compostos por lâmina de vidro de 6 mm, câmara de ar entre 6 e 9 mm e mais uma lâmina de vidro com 8mm de espessura, isolando diferentes frequências.

Realizar maior separação possível entre as estações de trabalho também favorece a privacidade sonora. Esta solução, no entanto, faz com que haja a diminuição do número de pessoas dentro de um espaço disponível, como sugestão, seria interessante neste caso, separar, em layout, os espaços geradores de maiores ruídos daqueles mais silenciosos.

Quanto à utilização de divisórias de gesso, ou Drywall, como é conhecida comercialmente, uma técnica a ser utilizada para obter índices de redução sonora e assim aumentar a capacidade de isolamento do sistema, é a aplicação de duas chapas de gesso acartonado de cada lado, de preferência com espessuras diferentes e utilização de material absorvente entre as placas para eliminação de possíveis ressonâncias na cavidade de ar. Com isto pode-se obter o isolamento de 58.9dB(A). A aplicação de material absorvedor apenas nas periferias das cavidades favorece absorção em todas as faixas de frequências, exceto nas altas.

Não é recomendada a utilização de três placas de cada lado do sistema por não apresentar índices relevantes de redução sonora, ou seja, não apresentar índices que justifiquem seu uso em relação à produção do material e seu custo.

B) Materiais

Para a utilização de barreiras acústicas (divisórias do tipo painel e divisórias do tipo piso-teto), os fabricantes precisam fazer que seus produtos atendam a NBR 13.964 / 2003 e a NBR 15. 141 / 2004, e devem apresentar características de isolamento sonoro.

Observa-se assim que a capacidade de absorção passa a ser um requisito adicional a ser agregado durante a especificação, para que se obtenha algum nível de absorção das divisórias ou biombos, levando em consideração a existência ou não de paredes não tratadas.

Os caminhos de propagação do som de intrusão precisam ser conhecidos, para que haja privacidade sonora, e utilizados materiais apropriados. Sob o ponto de vista dos materiais, devem ser consideradas propriedades como espessura, massa específica (densidade) e velocidade de propagação sonora do material, com poder de absorção para altas frequências.

Para isto, utilizam divisórias preenchidas com lã de rocha ou espuma absorvente com espessura de 25 mm e densidade a partir de 40 Kg/m³, revestidas com tecido apropriado. Não são recomendados biombos de plástico rígido e divisórias do tipo naval e é recomendável a utilização de matérias com propriedade de ser auto-extinguível, entre os quais estão os aglomerados de madeira, vidros, chapas MDF, metais, espumas e plásticos especiais e tecidos com tratamento anti-chama.

Nas divisórias de gesso acartonado é mais interessante a utilização de painéis rígidos de lã de vidro, ao invés de mantas de lã de vidro, porém a densidade das mantas é menor do que as dos painéis e assim menor será a capacidade de amortecer os modos de ressonância das cavidades. A utilização dos painéis é recomendada em ambientes com ruídos em alta frequência, pois promoverá melhores resultados de isolamento.

A LafardeGypsum, disponibiliza paredes de gesso com enchimento em painéis de lã de vidro, capazes de isolar 60dB para painéis com 160mm e 66dB para painéis com 200mm de espessura.

Os fabricantes recomendam a utilização de massas de nivelamento e fitas de vedação para selamento das juntas, mas, assim como nas divisórias compostas de outros materiais, os materiais utilizados para vedação ainda não foram normatizados.

5.2.1 Sound Transmission Class (STC)

O STC (*Sound Transmission Class*) - Classe de Transmissão Sonora, padrão norte-americano, como se sabe, é uma classificação que descreve como uma divisória do tipo painel previne a passagem do som pela mesma. Este índice é, na maioria das vezes, utilizado para classificar as divisórias do tipo painel, ou biombos. Apesar da importância deste dado, não foi encontrado pela autora nos catálogos pesquisados, nenhuma referência a esta classificação.

Sendo assim o valor do STC é dificilmente encontrado nos meios onde se realiza uma busca, seja ela de compra, comercialização ou informações do material.

Os biombos são considerados satisfatórios aqueles que apresentam STC de 20 ou mais quando da condição de o biombo estiver localizado entre duas pessoas em estações vizinhas e STC de 25 quando orador e ouvinte estão muito próximos. Esta informação pode ser somente obtida nos estudos científicos.

5.2.2 Índice de Redução Acústica (RW)

Este índice é uma classificação de padrão europeu. O R_w (Índice de Redução Acústica) é o Coeficiente de Redução de Ruído ou Índice de Redução Acústica representa, em um índice único, uma estimativa do isolamento médio de um produto.

É o índice que, quando disponibilizado nos catálogos e produtos, é o único apresentado. É utilizado para classificar apenas divisórias piso-teto e não biombos, por estar relacionada à capacidade de isolamento sonoro, propriedade não obtida pela utilização de biombos.

De maneira geral nenhum índice relativo à capacidade de isolamento é disponibilizado pelos revendedores de divisórias. Demais características técnicas básicas são fornecidas, mas o desempenho em relação ao comportamento acústico pouco é informado, dificultando a especificação.

Nos poucos catálogos onde a capacidade de isolamento é fornecida, esta pesquisa resultou no encontro, da divisória da ABATEX, denominada Ax-80, que traz alguma informação sobre seu desempenho acústico: constituída por duas camadas de painéis de aglomerado de madeira, de aproximadamente 15 mm de espessura, com revestimento melamínico, montadas por sistema de encaixe em uma estrutura metálica, separadas por um vão interno de aproximadamente 55 mm. O vão interno da divisória é preenchido com duas camadas de chapa de gesso acartonado, de aproximadamente 12,5 mm de espessura, e uma camada e painéis de lã de rocha de aproximadamente 25 mm de espessura. Esta divisória apresenta R_w de 50dB para 500Hz e 47dB para 2000Hz.

Quanto a utilização de divisórias de gesso, o IPT recomenda que o desempenho entre paredes internas, entre habitações contínuas, seja R_w mínimo de 50dB, não fornecendo normas para ambientes de trabalho.

Sua simples composição, formada de camadas de ar entre duas placas de gesso, formando um sistema massa-mola-massa já faz com que haja uma menor transmissão de energia sonora e conseqüentemente maior isolamento sonoro. Porém podem-se obter maiores índices de R_w se aplicado duas placas de gesso de cada lado com lã mineral preenchendo a camada de ar.

5.3 TRATAMENTO DE PAREDES

5.3.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

Para a redução da propagação da energia sonora refletida pelas paredes, as mesmas devem receber tratamento com materiais apropriados, no caso painéis absorvedores acústicos. Sua utilização pode ser dada por completo, ou seja, podem-se empregar os painéis em toda a superfície da parede ou divisória. Caso não de deseje a utilização por completo dos painéis nas paredes e divisórias, é recomendável que se utilize no mínimo do

piso até a altura de 60cm, podendo-se estender até 1.83m. O resultado estético fica assim por conta do projetista, desde que se trabalhe com o material nestas especificações.

A utilização destes painéis, segundo pesquisas, atenua o ruído interno de ambientes expostos à poluição sonora externa, amenizando também problemas de falta de isolamento de fachadas.

Outra técnica encontrada nesta pesquisa é a utilização de jateamento com celulose em alguns locais. Esta técnica, contudo, deve ser muito bem estudada em relação ao seu local de aplicação, de maneira a tomar partido de projeto para resultar em um efeito estético agradável.

Em locais onde a propagação da energia sonora for muito grande, deve-se evitar também a proximidade de ocupação destas áreas, reservando estes espaços para corredor de passagem.

B) Materiais

Para o tratamento de painéis, esta pesquisa resultou no encontro de um painel absorvedor acústico denominado SONARE, fabricado pela ISOVER, muito utilizado em espaços corporativos. Nenhum outro produto e/ou outro fabricante foi encontrado nesta pesquisa.

Além do tratamento de paredes, existem locais formados por panos de vidros e janelas que se tornam difíceis de prevenir ou tratar estas superfícies, porque para isto, utilizam-se brises verticais com material absorvedor e ou cortinas espessas. As utilizações de cortinas necessitam serem mantidas fechadas, obstruindo a visão externa e a entrada de iluminação natural, situações não desejadas e projeto, uso e ocupação.

5.3.2 Noise Reduction Coefficient (NRC) – Coeficiente de Absorção Sonora

O NRC é um padrão de classificação norte-americano. Esta classificação é a mais utilizada para obter o índice médio do coeficiente de absorção dos materiais utilizados para tratamento de paredes, assim como acontece com os forros minerais acústicos.

Este índice foi encontrado no catálogo relativo a painel absorvedor, juntamente com os coeficientes de absorção sonora para cada frequência.

Como sendo este índice um critério de especificação, esta pesquisa resultou no encontro do painel absorvedor denominado SONARE, com espessura de 25 mm e densidade de 80kg/m³, apresentando índice de redução sonora NRC de 0.80.

5.3.3 Coeficiente de absorção sonora ponderado (α_w)

Este índice não foi encontrado nos catálogos de painéis absorvedores acústicos. Índices de STC e R_w , não são considerados como critério de classificação por não se enquadrar nas características do material, que é de absorver e não isolar ruídos sonoros.

5.4 PISOS

5.4.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

A absorção sonora promovida por esta superfície é menos importante do que as promovidas pelas demais superfícies, por haver o bloqueio devido ao mobiliário.

Para a utilização do piso de carpete, não existem inúmeras técnicas de utilização, por se tratar de uma superfície que recebe o material de forma homogênea, em todos os locais. A recomendação fica apenas em relação, à utilização de pisos carpetados com maiores espessuras e sua absorção vai depender do tipo de fibra do mesmo.

Mesmo sobre estas considerações, a utilização do piso de carpete é recomendável para atenuar os ruídos de impacto, reduzir as superfícies de geração de ruídos e ajudar na redução da transmissão sonora para o pavimento inferior, do que propriamente ajudar a absorver os ruídos gerados internamente.

B) Materiais

Para ajudar na redução da propagação do ruído sonoro, recomenda-se utilizar o piso carpetado. Embora ainda seja uma solução pouco efetiva, pois a capacidade de absorção do material é pequena, este tipo de piso é o mais utilizado em edifícios de escritórios.

A espessura mínima deve ser de 7 mm e de preferência ser composto por fios antiestáticos e em placas para facilitar o acesso às instalações existentes no septo, quando utilizado sobre piso elevado.

A utilização do piso elevado revestido superficialmente com carpete em placas também é muito importante para proporcionar a flexibilidade de layout nos edifícios de escritórios e melhor arranjo tátil e visual. Geralmente são revestidos com carpetes em placa, agregando a este a capacidade de absorção de ruídos.

A Giroflex disponibiliza assim, um módulo de piso denominado Task Air® que possibilita o controle do ar quando este for insuflado pelo piso elevado. O mecanismo é alojado dentro de uma carcaça de aço galvanizado que é tratado acusticamente, evitando a propagação de ruídos no ambiente interno.

Não foram tratados os pisos flutuantes pela sua utilização ser dada principalmente em edifícios habitacionais, pois sua forma de aplicação requer estar em contato direto com a laje, impossibilitando a passagem de fios e cabeamentos por baixo do piso.

5.4.2 Noise Reduction Coefficient (NRC) – Coeficiente de Absorção Sonora

O NRC é a classificação utilizada para obter o índice médio do coeficiente de absorção dos pisos em carpete, assim como acontece com os demais materiais, segundo dados encontrados nos estudos científicos. Esta pesquisa resultou assim no encontro de seus valores de absorção em tabelas onde são analisados inúmeros materiais, conforme pode ser observado na página 72, podendo o especificador calcular seu NRC. Porém, em nenhum catálogo de piso acarpetado foi encontrado os índices de absorção deste material.

5.4.3 Coeficiente de Absorção (α)

O coeficiente de absorção de um piso de carpete pode ser encontrado, como descrito acima na tabela da página 72. Observa-se que este material pode absorver de 0.10 a 0.40, dependendo da frequência.

5.5 LAYOUT E MOBILIÁRIO

5.5.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

As distribuições do mobiliário incluem-se aqui estações de trabalho e divisórias, dentro de um espaço corporativo, pode contribuir ou impactar, nas condições acústicas internas existentes. Isto acontece, por exemplo, quando se tem escritórios com ambientes formados por salas fechadas por divisórias ou em planta livre. Estas diferentes organizações geram projetos de acústica específicos.

Os escritórios de planta livre requerem maior atenção em relação às condições de conforto acústico. Para alcançar níveis normais de condição acústica, é recomendado que se evite linhas retas de visão, pois o som pode facilmente passar ao longo desse caminho; que se crie estações de trabalho que promova o máximo de enclausuramento; e que se separe os

locais de atividades ruidosas das menos ruidosas, de maneira a evitar interações sonoras desaconselháveis.

B) Materiais

Quanto aos materiais, devem-se adotar os critérios das divisórias, tanto nos aspectos de dimensões e disposição. Preenchimento com material absorver nas cavidades da divisória também deve ser aplicado.

As divisórias utilizadas para configurar uma estação de trabalho, também poderiam ser providas de um material absorvedor em sua superfície externa, proporcionando melhor conforto acústico. Vale lembrar que o emprego deste tipo de material, deve ser baseado também nas condições de limpeza e manutenção do revestimento.

5.5.2 Noise Reduction Coefficient (NRC) – Coeficiente de Absorção Sonora e Coeficiente de absorção sonora ponderado (α_w)

Não se aplica.

5.6 VIDROS ACÚSTICOS

5.6.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

Na escolha do tipo de vidro, assim como espessura e composição, devem ser levada em conta a frequência crítica do vidro, efeito provocado nas altas frequências, ocasionando a queda do isolamento. Efeitos de ressonância também devem ser levados em consideração, efeito provocado nas baixas frequências, ocasionando também a queda de isolamento.

Assim, é recomendado que se especifiquem vidros com diferentes espessuras, com camada de ar, para combater ambos os efeitos, ou aumentar a espessura do vidro de acordo com a frequência que se deseja isolar.

A espessura da camada de ar é uma variável importante e sempre deve ser levada em conta. Somente espaçamentos superiores a 20mm e inferiores a 50mm há um ganho significativo de isolamento. Utilizar-se de espaçamento inferior a 20mm vai se obter respostas de isolamento equivalente a utilização de uma única lâmina (vidro simples) de massa equivalente, principalmente para baixas e médias frequências.

A diferença fica então na relação custo-benefício. Caso se opte pelo uso do vidro duplo, esta decisão deve estar baseada em atender aos requisitos térmicos que esta solução pode proporcionar. Distâncias superiores a 50mm apresentam ganhos nada sensíveis ao ouvido humano e sua utilização se torna inviável devido ao custo dos batentes dos caixilhos, além do destaque, em alguns casos, do sistema de fechamento, resultando num efeito estético nada agradável.

Os conhecimentos destas técnicas foram encontrados em estudos acadêmicos, não sendo disponibilizadas nos catálogos de fornecedores de vidros.

B) Materiais

Para a fabricação de vidros, as empresas precisam fazer que seus produtos atendam a NBR 11706 / 1992, que fixa as condições de fabricação e utilização para os vidros planos na construção civil.

Os vidros são muito utilizados nos edifícios de escritórios por ser um dos elementos capaz de proporcionar isolamento acústico em suas fachadas, protegendo o edifício dos ruídos externos presentes no meio urbano.

Os tipos de vidro mais utilizados nestes espaços são os vidros duplos, laminados ou duplo laminado.

Os vidros duplos são compostos de lâminas de vidro separadas por uma camada de ar seco ou de gás argônio, nitrogênio ou outros gases.

Os vidros laminados têm seu bom desempenho relacionado ao uso do filme de polivinil butiral, mas comercialmente conhecido com PVB, que ajuda a suavizar a frequência crítica e apresentam um ganho geral de 2dB em relação a outros tipos de vidro. Quanto mais espessa a película, maior a atenuação sonora.

5.6.1 Índice de Redução Acústica (RW)

O padrão utilizado para a classificação dos vidros é o Rw (Índice de Redução Acústica). Esta classificação é a mais utilizada para obter o coeficiente de redução de ruído proporcionada pelos vidros.

Nos catálogos e prospectos, este índice geralmente não é disponibilizado, necessitando que o especificador entre em contato com o fabricante para a obtenção destes dados.

O Rw dos vidros está diretamente relacionado com a espessura do vidro, numa escala logarítmica, ou seja, para um vidro de 3mm o Rw será de 29dB enquanto que para um vidro de 6mm o Rw é de 31dB. É importante lembrar que, apenas a redução a partir de 3dB é que pode ser sensivelmente percebida pelo ouvido humano.

5.7 TRATAMENTO DOS RUÍDOS GERADOS PELO AR CONDICIONADO

5.7.1 FONTES DE RUÍDOS

Em relação aos componentes de um ar condicionado e suas principais fontes de ruídos devem ser conhecidas, e se encontram nos ventiladores e difusores, nos formatos dos dutos, na velocidade do ar, nas turbulências provocadas pela velocidade do ar, na capacidade dos abafadores, nos motores e nos compressores. Para cada fonte existe uma técnica ou um material a ser utilizado para combater ou amenizar a geração do ruído.

5.7.2 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

Em relação à fonte de ruído produzido pelos ventiladores e difusores deve-se ter cuidado para que a entrada e saída de ar seja a mais suave possível, para minimizar a geração de turbulência. Para isto é recomendável que sejam utilizados atenuadores com velocidade de face de 6m/s e locar dutos de ar para as salas privativas separados dos dutos que irão servir as áreas vizinhas.

No formato dos dutos a condição sonora está relacionada pelo sistema de velocidade do ar que deve ser laminar e uniforme, com adoção de material absorvente, joelhos com ângulos adequados e divisão da pressão sonora entre o duto principal e suas derivações. O isolamento também deve ser realizado com dupla camada de gesso, revestindo todas as paredes externas do duto, evitando que o mesmo vibre e conduza ruídos para dentro, criando um caminho sonoro até as grelhas de insuflamento.

Quando o ruído é gerado por conta da velocidade do ar e suas turbulência, devem ser evitados sistema de seção em cruz e utilizar grelhas em pequenas distâncias ao longo do duto para manter a linearidade do caminho percorrido pelo ar, anulando as turbulências.

Quanto à capacidade dos abafadores, recomenda-se que seja utilizada a dimensão correta dos difusores, em função da quantidade dos mesmos. Os motores e compressores devem ter silenciadores plugados na saída de ar e enclausurar o equipamento

O conhecimento destas técnicas também foi encontrado em estudos acadêmicos e participação da autora em eventos científicos, não sendo disponibilizadas nos catálogos de fornecedores.

B) Materiais

Um material utilizado para revestimento de dutos disponível no mercado é o Flexliner®, da ISOVER, especialmente desenvolvido para uso em ar condicionado. Este material é

composto por lã de vidro com opção em painéis, aglomerado por resinas sintéticas, com capacidade de absorção sonora de 0.31 dB para a frequência de 500Hz e espessura de 13mm, com 25mm a capacidade de absorção é de 0.50dB para 500Hz.

Nenhum outro material foi encontrado durante as investigações desta pesquisa.

5.5.2 Noise Reduction Coefficient (NRC) – Coeficiente de Absorção Sonora, Coeficiente de absorção sonora ponderado (α_w), Índice de Redução Acústica (RW) e Sound Transmission Class (STC)

Nenhum destes índices se aplica, por se tratar de uma técnica.

5.8 RUÍDOS DE MASCARAMENTO

5.8.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

A) Técnicas

Algumas vezes a utilização dos materiais e técnicas para tratamento sonoro indicadas até aqui, não são suficientes para se atingir a privacidade acústica esperada por não haver um controle do ruído de fundo, ou seja, o nível de ruído de fundo fica muito baixo, aumentando a inteligibilidade à longa distância, dificultando a comunicação entre interlocutores próximos. Para isto são utilizados sistemas eletrônicos de mascaramento.

Nas entrevistas e matérias publicadas por revistas especializadas, não foram encontrados depoimentos ou recomendações relativas à utilização desta técnica, apenas em estudos científicos, podendo concluir assim que, esta é uma técnica pouco explorada nos projetos acústicos brasileiros. O que se encontra geralmente, em variados espaços, é a introdução de músicas “ambientes”, inapropriadas para espaços corporativos por conter sons tonais, que carregam informação e causam distração.

É indicado assim, a utilização de ruído de fundo moderado, constante e controlável, sem conteúdo significativo. Deve ser de banda larga, com um ruído aleatório, mas com energia reduzida nas altas frequências. Não usar ruído branco e rosa porque causam incômodos.

B) Materiais

Os sistemas de mascaramento sonoro são discretos auto-falantes instalados sob os forros, emitindo ondas sonoras na faixa de frequência audíveis ao ser humano, criando a sensação de abafamento dos ruídos sonoros.

Como material novo existente no mercado, esta pesquisa resultou no encontro de um painel denominado AudioSystem®, fabricado pela AMF. Este painel é um alto falante plano, integrado ao forro, ou seja, seus emissores não são visíveis, capaz de converter a emissão de ondas, anulando os ruídos gerados no ambiente, proporcionando uma distribuição sonora uniforme.

5.8.2 Noise Reduction Coefficient (NRC) – Coeficiente de Absorção Sonora, Coeficiente de absorção sonora ponderado (α_w), Índice de Redução Acústica (RW) e Sound Transmission Class (STC)

Nenhum destes índices se aplica, por se tratar de uma técnica.

5.9 CONSIDERAÇÕES: NRC X α_w

O NRC é um índice de classificação obtido através da soma de valores existente para a frequência de 250 a 2000 Hz, que são as faixas de frequência da voz, e após esta soma seus valores são divididos por quatro, resultando em uma média aritmética. Seu resultado, contudo é, conforme verificado pela autora, sempre aproximado para mais, ou seja, como seus valores são apresentados em múltiplos de cinco, eles são aproximados para o maior valor, potencializando a capacidade de absorção do material.

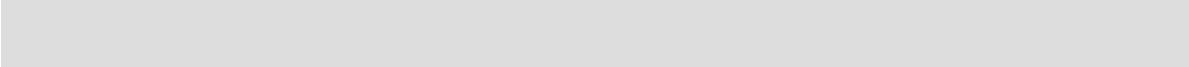
O α_w é um índice de classificação obtido através da média ponderada, com ajuste ponderado de uma curva de referência para uma faixa de frequência maior que a do NRC (de 125 a 4000 Hz), e assim torna-se um índice mais fiel a ser adotado na escolha de um material para tratamento acústico.

Observa-se também que, na maioria dos materiais, os valores de NRC distorce os valores de absorção para altas frequências, ficando com um valor muito abaixo da capacidade de absorção do material.

Sendo assim, a utilização do NRC deve ser feita apenas quando se quer informar um dado genérico do material e utilizado quando não se pretende alcançar níveis de controle acústico rigorosos. Por tanto, é um índice que pode ser adotado para especificação de materiais para tratamento sonoro em edifícios de escritórios, embora seja importante destacar que, o α_w apresenta valores mais fiéis e é o mais indicado. Além disso, existe a necessidade de se estabelecer no país qual padrão deve ser utilizado, norte-americano ou europeu.

De qualquer maneira, a especificação de um material pode ser mais atentamente realizada, verificando a capacidade de absorção, em função da frequência que se pretende absorver, ou seja, deve ser considerado o α da frequência, quando se tratar de espaços que requerem excelente qualidade e controle acústico, como é o caso de auditórios e salas para conferências.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS



6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O conforto acústico é uma das necessidades humanas, que merecem grande atenção por parte dos projetistas e construtores. Sendo assim, é de extrema importância, que esta preocupação esteja inserida nos requisitos de projeto de um edifício de escritório, ou seja, há a necessidade de se pensar em acústica, junto com os demais elementos que compõe um projeto, não deixando que se realizem soluções posteriores, pois estas com certeza terão um custo muito acima e um resultado muito abaixo do esperado.

Faz-se necessária maior divulgação, dos benefícios de um ambiente confortável acusticamente, para que se mude a questão cultural quanto a este aspecto, tanto por parte dos projetistas e construtores, quanto por parte dos usuários, pois a preocupação relacionada apenas a estética acaba sempre prevalecendo, esquecendo-se das condições de conforto acústico.

Sendo assim, um bom condicionamento acústico, deve ser baseado na especificação de materiais aptos a serem utilizados, de acordo com a atividade ruidosa gerada no local e empregados em locais adequados, respeitando todas as normas e regras de utilização para obtenção de gastos menores e melhores ganhos. As normas para conforto acústico existem e devem ser rigorosamente seguidas.

É interessante também que sempre haja um aprimoramento das técnicas e dos materiais que envolvem a concepção, uso e manutenção dos espaços corporativos, visando principalmente o controle da qualidade e diminuição de custos. Isto somente se fortalecerá se os especificadores exigirem dos fabricantes materiais que comprovam, por meio de testes, ensaios e laudos técnicos, o real desempenho do produto. É importante salientar que estes testes, devem ser realizados em laboratórios de reconhecida responsabilidade, e que não seja locado dentro da própria empresa fabricante. Testes fora do país não têm validade nacional, e por tanto não garantem qualquer confiabilidade.

6.2 CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS

A escolha de um forro deve pode ser baseado no valor de NRC, porém é interessante verificar com cuidado os valores apresentados em função da frequência que se deseja absorver, para conseguir atender os requisitos das normas para conforto acústico.

É importante destacar que, se um forro apresentar o melhor índice de absorção, como por exemplo, NRC de 0.90, não significa que este é o melhor a ser empregado. Como dito acima deve ser levado em conta a frequência que se pretende absorver assim como o quanto de som se deseja absorver, priorizando sempre a inteligibilidade do som e privacidades necessárias nos espaços. O mesmo acontece com os demais materiais estudados nesta pesquisa.

As classificações AC (Articulation Class) e CAC (Ceiling Attenuation Class) são índices que complementam a escolha de um forro mineral, porém não fizeram parte desta pesquisa por se tratar de índices utilizados especificadamente para forros. Porém, é preciso destacar que nos catálogos e prospectos desses materiais, poucos fornecedores disponibilizam os valores dessas classificações. Com isto também se pode entender, que muitos fabricantes não realizam testes de obtenção dessas classificações, para avaliação ou melhoria de desempenho do produto.

Somente uma empresa nacional, que integra um grupo multinacional é que disponibiliza estas classificações em seus catálogos. Produtos importados, nem mesmo pelas grandes empresas, não apresentam este tipo de informação.

O consumo dos forros minerais no Brasil ainda é pequeno, se comparado ao de outros países. Sua utilização é mais focada em edifícios de escritórios e espaços que requerem necessidades acústicas específicas, não tendo, por parte dos especificadores, a preocupação de se utilizar este material em outras edificações.

Apesar de existirem vários fornecedores de forro mineral no Brasil, com a pouca demanda, fica difícil para os especificadores, solicitarem que produtos com características estéticas únicas sejam adquiridas, ficando portanto sua utilização dentro dos padrões apresentados neste trabalho.

Vários são os forros disponíveis pelos fabricantes que apresentam um bom índice de absorção sonora. É importante salientar que, vários deles apresentam a mesma capacidade de absorção, porém com espessuras diferentes. Assim, conclui-se que capacidade de absorção de um forro mineral está atrelada à sua porosidade. Materiais fabricados com componentes com maior porosidade possuem maior capacidade de absorção, materiais com maior densidade vão proporcionar maior isolamento.

Uma consideração a ser destacada, e esta é válida para todos os materiais, é o devido selamento de todas as juntas. Se este selamento não for realizado ou mal executado, todo o desempenho de um conjunto fica comprometido, em nada adiantando todos os estudos e investimentos empregados. Infelizmente não existem normas, nem estudos correspondentes a utilização de adequadas técnicas e apropriados materiais para selamento destas junções.

Quanto à utilização de divisórias, os especificadores precisam ficar atentos aos caminhos sonoros que a fala de intrusão percorre (geometria acústica), para as estações vizinhas, para que sejam realizados todos os cuidados de isolamento e absorção, e considerados todos outros materiais a serem empregados nas proximidades, como existência ou não de forros acústicos, proximidade com paredes não tratadas, tipo de piso, presença de ruídos produzidos na própria estação de trabalho ou produzido pelo ar condicionado.

É assim importante completar que a utilização de divisórias piso – teto adequadas para isolamento sonoro não significa excelência acústica, é também necessário usar materiais de acabamento no interior do espaço a fim de impedir a reverberação sonora.

Conhecer algumas técnicas e usar a criatividade, para obtenção de melhores desempenhos com características visuais interessantes, também devem ser utilizadas, nunca se esquecendo da obediência às normas existentes.

Em relação à utilização de divisórias de gesso, os resultados satisfatórios ao se empregar material absorvedor nas cavidades de ar, e instalar duas placas de gesso, de cada lado e com espessuras diferentes, devem ser mais bem difundidos entre os profissionais. De acordo com a investigação realizada, observou-se que, este conjunto de soluções não é muito conhecido e utilizado pelos especificadores.

Os ruídos gerados no ambiente externo, em que os edifícios de escritórios estão expostos, devem ser levados em consideração, conforme estudos apontados nesta pesquisa. Sendo assim, o emprego de vidros acústicos e painéis absorvedores acústicos para atenuar o ruído interno dos ambientes podem amenizar os problemas de falta de isolamento de fachadas, contribuindo para a qualidade acústica dos edifícios de escritórios e, por tanto, sua utilização também deve ser conhecida e aplicada pelos profissionais.

Contudo, com esta pesquisa, pode-se observar que existem poucos fabricantes de painéis absorvedores, assim como pesquisas relacionadas ao assunto, necessitando que o mercado se fortaleça e que assim aumente a competitividade, e conseqüentemente, a maior oferta de produtos com características diferenciadas e melhores desempenhos. Testes, avaliações e pesquisas, necessitam ser realizadas, para fornecer subsídios para os fabricantes e especificadores.

A utilização de pisos de carpete em edifícios de escritórios é atualmente a solução mais utilizada para estes espaços. Apesar da sua capacidade em reduzir a propagação sonora, a sua absorção apresentam índices poucos efetivos. Existe também a dificuldade de limpeza que os pisos carpetados apresentam. Sendo assim, faz-se necessário que se obtenha outro produto mais apropriado para estes espaços, tanto nos aspectos de manutenção e limpeza, quanto no aspecto de absorção, por mais que esta superfície não receba muitas incidências de som.

De qualquer maneira, pode-se procurar atingir o nível de ruído médio recomendado em edifícios de escritórios, através da utilização dos outros materiais disponíveis nesta pesquisa, não atribuindo ao piso uma grande capacidade de absorção. A possibilidade, no entanto, de se contar com a propriedade de absorção do piso carpetado não deve ser desconsiderada, ainda mais porque dispomos de testes laboratoriais de absorção que podem ser utilizados para aplicação e atendimento das normas.

Também se podem conseguir melhores ganhos, quando o arranjo espacial, conhecido comercialmente como layout, seja pensado em favor da acústica, fazendo com que, muitas vezes, sejam utilizados menos materiais, diminuindo o custo final de um projeto de acústica.

O isolamento das fachadas também contribui para esta condição. Para isto o conhecimento dos tipos de vidros e a importância da escolha correta de suas espessuras, assim como, a maneira de utilizá-los, é uma variável importante no momento do projeto. Aliado a este conhecimento, deve estar a utilização correta das vedações, para que o sistema funcione adequadamente e responda aos seus objetivos e à relação custo-benefício e ao atendimento das normas de conforto sonoro.

A utilização do ar condicionado é algo muito complexo. Uma pesquisa mais aprofundada e específica se faz necessária por parte do leitor, caso ele deseje maiores conhecimentos sobre o assunto. De qualquer maneira a preocupação deve estar relacionada à velocidade do ar e enclausuramento dos equipamentos.

O sistema de mascaramento sonoro é uma tecnologia atual interessante e que atende bem aos requisitos de equilíbrio sonoro. Sua utilização requer atenção especial e requer estudos aprofundados de eletroacústica, questão pouco conhecida pelos arquitetos.

Existem vários materiais disponíveis para tratamento acústico. Os forros e as divisórias são os que mais dispõem de variedades estéticas e de desempenho, com diversos fabricantes. Apesar disto, existem materiais que precisam ser desenvolvidos por outros fabricantes, para

que se tenham mais possibilidades de escolha, e atrelados à concorrência, sempre novos materiais, com custos acessíveis.

A escolha do material deve ser criteriosa. “Tomar ao pé da letra as informações de catálogos e prospectos, sem se assegurar da maneira exata como as características foram obtidas” (Silva, 2002) podem acarretar em erros de projetos. Apenas para lembrar, quando um profissional assina uma anotação de responsabilidade técnica na elaboração de um projeto, atesta que, o que foi especificado, está de acordo com as normas e padrões técnicos. Apesar disto, os arquitetos têm uma boa formação, e é sua atribuição projetar espaços com conforto acústico, necessitando apenas de aprofundamento dos conhecimentos e normas, e este fica assim capaz de elaborar e responsabilizar-se por um projeto, não necessitando a contratação de uma consultoria específica para cada etapa do projeto.

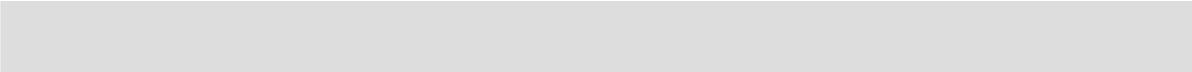
O que dificulta ainda o trabalho dos profissionais ao especificar um material, são as informações técnicas gerais, de atendimento às condições acústicas e principalmente às normas de utilização, que muito pouco são disponibilizados nos catálogos de produtos comercializados no Brasil.

Para finalização destas considerações, é importante destacar que, cabe ao arquiteto e especificadores, escolher corretamente cada material com base em fontes de informações confiáveis. Seria interessante também que estes profissionais, tomem partido de cada material e técnica e proponham soluções novas de uso e aplicação de materiais para tratamento acústico, tendo sempre como direcionamento o quanto de ruído se quer absorver em cada local, utilizando-se dos índices de classificação como critério de escolha, além das demais características técnicas do produto e das normas disponíveis para conforto acústico.

6.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

1. Realizar testes laboratoriais para cada recomendação técnica citada neste trabalho;
2. Estudar a possibilidade de novas formas de utilização dos materiais;
3. Verificar os índices de absorção e isolamento disponíveis nos catálogos e manuais para cada material, através de testes laboratoriais;
4. Reavaliar os valores presentes em normas, verificando o estágio atual de condições sonoras em que vivemos;
5. Estudar materiais não industrializados e maneiras de aplicação e a possibilidade de torná-los industrializados;
6. Propor novas tecnologias de materiais para tratamento acústico;
7. Estudar técnicas e materiais para controle de ruídos de impacto;
8. Estudar técnicas e materiais para controle de ruídos aéreos e de impactos para diversos ambientes construtivos.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ABATEX. **Divisórias, Pisos**. Catálogos. Disponível em <<http://www.abatex.com.br>>. Acessado em: 18 de maio de 2008.

AMF - BRASIL. **Forro Acústico, Sistema de Mascaramento Sonoro**. Catálogos. Disponível em <<http://www.amf-brasil.com.br>>. Acessado em: 11 de agosto de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 101** – Tratamento Acústico em recintos fechados.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 10151** – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade. Procedimentos, Dez/1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 10152** – Níveis de Ruído para Conforto Acústico . Dez/ 1987.

BELDERRAIN, M. L. R. (1998). “Desenvolvimento de parede dupla como divisória acústica”. IN: 18º Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Florianópolis – S.C. **Anais**. SOBRAC.

BENINI, H. et al. “Análise simplificada de Sustentabilidade Pós- Ocupação de um Edifício Comercial”. **Artigo** disponível em: < <http://www.hidro.ufcg.edu.br> >. Acessado em: 15 de outubro de 2006.

BOGO, A. J.; SOUZA, C. R. de. “Avaliação Pós-Ocupação em edifícios de escritórios objetivando aferição do nível de satisfação dos usuários”. IN: VI Encontro Nacional Ambiente Construído, Salvador, **Anais**. ANTAC / FAU FBA.

BORELI, R. Encontro da arte com a arquitetura – Entrevista com Arquiteto Edo Rocha. **Revista de arquitetura Ambiente**. Ano 3. nº 9. Dez. 2005.

BORTOLINI. **Móveis para escritórios**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.bortolini.com.br>> Acessado em: 28 de fevereiro de 2008.

- CARVALHO, A.P. de O. "Materiais e sistemas de condicionamento acústico. Disponível em: <<http://www.construlink.com/Homepage/newsletter.php?id=15&area=Testemunho>>. Acessado em: 15 de fevereiro de 2008.
- CICHINELLI, G.C. A evolução do gesso. **Revista AU Arquitetura e Urbanismo**. Edição 168. Fev. 2008.
- CONSTRUTORA MESTRA. Matérias Diversas: Solução do barulho. 2007. Disponível em; <http://www.construtoramestra.com.br/diversos_61.asp>. Acessado em: 11 de agosto de 2007.
- CORBIOLI, N. Biombos ou Divisórias. **Revista de Arquitetura ProjetoDesign**. Edição 259. Set. 2001.
- CORBIOLI, N. Escritório não é depósito de mesas. **Revista de Arquitetura ProjetoDesign**. Edição 259. Set. 2001.
- CORBIOLI, N. Piso elevado = flexibilidade. **Revista de Arquitetura ProjetoDesign**. Edição 259. Set. 2001.
- CORBIOLI, N. Fundamento de projeto: Conforto Termo-acústico. **Revista de Arquitetura ProjetoDesign**. Edição 279. Mai. 2003.
- CORBIOLI, N. Parâmetros para a certificação de divisórias têm revisão da norma. **Revista de Arquitetura ProjetoDesign**. Edição 281. Jul. 2003.
- CORBIOLI, N. Critérios para especificar divisórias piso-teto e painel. **Revista de Arquitetura ProjetoDesign**. Edição 306. Ago. 2005.
- CORBIOLI, N.. Soluções acústicas geram conforto e produtividade em escritórios. **Revista de Arquitetura ProjetoDesign**. Edição 330, Ago. 2007.
- CORDEIRO, C.V.C. ; SLAMA, J. G. "A técnica do Mascaramento Sonoro aplicado ao projeto acústico dos Escritórios Panorâmicos" IN: IV Encontro Nacional de Conforto do

Ambiente Construído, Salvador, **Anais**. ENCAC Salvador : FAUFBA/LACAM - ANTAC, 1997.

CHAVES, A. L. de O.: **Os Polímeros Utilizados como Subsídios na Construção Civil**. 1999. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Universidade de São Paulo. EESC/USP. São Carlos. 1999.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA ARQUITETURA E AGRONOMIA DE MATO GROSSO. “**Esquadrias anti-ruídos: informações**”. Jul. 2004. Disponível em: <http://www.crea-mt.org.br/outras_informacoes.asp?id=27> Acessado em: 14 de abril de 2008.

DUARTE, E. de A.C.; RODRIGUES, K.B.; VIVEIRO, E.B. “Acústica Arquitetônica no Imaginário Popular” IN: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto, **Anais**. ENCAC – 2007.

ESCRITÓRIOS têm novo conceito. **Revista VP: WEB TV** - Revista eletrônica. Disponível em: <<http://www.ovendedorprofissional.com.br>>. Acessado em: 22 de julho de 2007.

ESTAÇÕES de trabalho: dinamismo popular. Disponível em: <<http://www.flexeventos.com.br>> Acessado em: 21 de fevereiro de 2008.

FERNANDES, J.C. Apostila desenvolvida para as disciplinas de Acústica de Ruídos, Ruídos e Ruídos Urbanos, da Faculdade de Engenharia/ Unesp. 2002

FONSECA, J.F. “**A contribuição da ergonomia na composição cromática dos ambientes construídos de locais de trabalho de escritório**” Rio de Janeiro. 2005. Tese de Doutorado – Universidade Pontifícia Católica. PUC-RIO.

FORMA. **Móveis para escritórios**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.forma.com.br/site/content/intro/default.asp/>> Acessado em: 08 de abril de 2008.

- GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e controle**. 1ª Edição. Ed. Copyright. 1992. 600p. il.
- GEROLLA, G. Conforto no alto – Como especificar. **Revista AU – Arquitetura e Urbanismo**. Ano 22. nº 155. Fev. 2007.
- GIROFLEX. **Móveis para escritórios. Pisos**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.giroflex.com.br/site/content/home/default.asp>> Acessado em: 10 de maio de 2008.
- HUNTER DOUGLAS – Produtos Arquitetônicos. **Forro Acústico**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.hunterdouglas.com.br>>. Acessado em: 06 de setembro de 2007.
- INTELLIGENT TABLE. **Móveis para escritórios**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.intelligenttable.com.br/>>. Acessado em: 23 de agosto de 2007.
- GIROFLEX. **Móveis para escritórios. Pisos**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.giroflex.com.br/site/content/home/default.asp>> Acessado em: 10 de maio de 2008.
- ISOVER. **Forro Acústico. Tratamento de paredes. Flexliner**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.isovercom.br>>. Acessado em: 20 de julho de 2007.
- LAFARGE. **Paredes de gesso. Divisórias**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.lafargegypsum.com.br>>. Acessado em: 06 de abril de 2008.
- LAND MARK. Nações Unidas. Empreendimento Comercial. Edifício de Escritório. Disponível em <<http://www.landmarknacoesunidas.com.br>>. Acessado em: 11 de fevereiro de 2007.
- LEITE, B. C. C.: **Análise do Desempenho de Edifícios de Escritórios automatizados através da Avaliação Pós-Ocupação**. 1997. 401f. Dissertação. (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LOSSO, M.; VIVEIROS, E. "Gesso acartonado e isolamento acústico: teoria versus prática no Brasil" IN: X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, **Anais. CLACS / ENTAC – 2004.**

MACKEY. **Móveis para escritórios.** Catálogos. Disponível em: <<http://www.mackey.com.br/>>. Acessado em: 25 de agosto de 2007.

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. Ed. G.C. Isaia – São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. 1712p.

MANOLO, F. et al. IN: Análise do desempenho acústico de diferentes tipos e combinações de vidros em bandas de oitava de frequência. IN: VIII Encontro Nacional do Ambiente Construído e IV Encontro Latino – Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió – A.L. **Anais. ENCAC / ENLAC, 2005.**

MARCO, C.S. de." **Elementos de Acústica Arquitetônica**" Ed. Nobel, 1990. 129p.:il

MIÑANA, J. P. "**Compendio Práctico de Acústica**" – Editora Labor, S.A, Calabria235-239. Barcelona -1969.

MOVINORD do Brasil. **Divisórias.** Catálogos. Disponível em: <<http://www.movinord.com.br>>. Acessado em: 18 de maio de 2008.

NAKAMURA, J. Um olhar para o alto. **Revista AU Arquitetura e Urbanismo.** Edição 149. Ago. 2006.

NOBRE, E.A.C. **Expansão Terciária e Novas Centralidades nas cidades globais: o caso da Marginal do Rio Pinheiros em São Paulo.** Texto. 2001. Tese (Programa de Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

NOGUEIRA, F. F.: "**Análise paramétrica do campo acústico de escritórios panorâmicos**". Florianópolis: 2002. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Catarina.

- NEVES, R. A. de A.: “**Espaços Arquitetônicos de Alta Tecnologia: os Edifícios Inteligentes**”. 2002. 154p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Universidade de São Paulo, EESC/USP, São Carlos, 2002.
- NEVES, R. P. A. de A.; CARAM, R. M. (2003). “Identificação das tecnologias para conforto ambiental e eficiência energética utilizada pelos chamados edifícios inteligentes”. IN: VII Encontro Nacional e III Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído; Curitiba – P.R. **Anais**. ENCAC / COTEDI.
- NIVEL - SOM Tratamento Acústico e Decorações Ltda. “O Mascaramento Sonoro”. Disponível em: <<http://www.mascaramentosonoro.com.br>>. Acessado em: 06 de março de 2008.
- ORNSTEIN, S. W; ROMÉRO, M. (colaborador). “**Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído**”. São Paulo, Editora Livros Stúdio Nobel Ltda, Editora da USP, 1992.
- ORNSTEIN, S. W. (1997). “Avaliação pós-ocupação aplicada em edifícios de escritórios em São Paulo: A satisfação dos usuários quanto ao conforto ambiental como critério de desempenho”. IN: IV Encontro Nacional do Ambiente Construído, Salvador, **Anais**. ANTAC / FAU FBA.
- ORNSTEIN, S.W; ANDRADE, G. M. de; LEITE, B. C. C. (2001). Avaliação Pós – ocupação (APO) aplicada em edifícios de escritórios: procedimentos metodológicos e resultados na área de conforto ambiental. IN: IV Encontro Nacional do Ambiente Construído e II Encontro Latino – Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro – S.P. **Anais**. ENCAC / ANTAC.
- PEREYRON, D. ; SANTOS, J. L. P. dos. (2007). Laje nervurada: análise da performance acústica para ruído de impacto. IN: IX Encontro Nacional do Ambiente Construído e V Encontro Latino – Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto – M.G. **Anais**. ENCAC / ANTAC.
- PAZ, G. dos S; OLIVEIRA, M. A. de; SANTOS, J. L. P. dos. (2003). “Estudo da Redução do “NPS” através da introdução de absorventes acústicos em ambiente de fachada

exposta à poluição sonora externa”. IN: VII Encontro Nacional e III Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Curitiba – P.R. **Anais** . ENCAC / ANTAC.

PILKINGTON. **Vidros**. Catálogos. Disponível em: < <https://www.pilkington.com.br/web/>>. Acessado em: 24 de março de 2008.

PISANI, A. G.; PEDROSO, M. A; SANTOS, L. P. dos. (2007). “Estudo da Redução Sonora do “NPS” através da introdução de cortinas vinílicas como componentes no isolamento acústico de fachadas”. IN: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto – S.P. **Anais** . ENCAC / ANTAC.

PIZZUTTI, J. L. dos; PAIXÃO, D. X. da. (1995). Estudo do desempenho acústico de lajes e pisos submetidos a ruído de impacto. IN: III Encontro Nacional do Ambiente Construído e I Encontro Latino – Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Gramado – R.S. **Anais**. ENCAC / ANTAC.

PLACO. **Paredes de gesso. Divisórias**. Catálogo. Disponível em: <<http://www.placo.com.br>>. Acessado em: 19 de abril de 2008.

PROGRAMA DE TECNOLOGIA DE HABITAÇÃO. **Arquivos**. Disponível em: <<http://www.habitare.org.br>>. Acessado em: 29 de setembro de 2007.

REIS, T. C. **Contribuição da Ergonomia nos processos de concepção de espaços de trabalho**. 2003. 249p. Dissertação (Mestrado – Departamento de Artes e Design), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

ROCHA, Edo. Escritórios Doentes. Texto técnico. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.arquitetura.com.br>>. Acessado em: 20 de outubro de 2006.

ROTA de Negócios – Mercado de escritórios em alta. **Revista Construção Mercado** - A revista dos negócios da Construção. Nº 69. Abr. 2007.

RUÍDO, só se for da janela para fora. **Revista O vidroplano**. Edição 404. Ago. 2006.

- SAINT GOBAIN. **Vidros Duplos**. Catálogos. Disponível em: <<http://pt.saint-gobain-glass.com>>. Acessado em: 12 de março de 2008.
- SANTOS, A. R. dos. **O desenvolvimento do mercado de edifícios de escritórios para locação na cidade de São Paulo impulsionado pela secutirização**. 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006
- SANTOS, J. L. P. dos. **“Estudo do potencial tecnológico de materiais alternativos em absorção sonora”**. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2005. 80p.:il
- SCHERER, M. J. da; SANTOS, J.L.P; IN: Estudo do isolamento Sonoro de Vidros de diferentes tipo e espessuras, ensaiados individualmente e formando vitragem dupla. IN: VIII Encontro Nacional do Ambiente Construído e IV Encontro Latino – Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió – A.L. **Anais**. ENCAC / ENLAC, 2005.
- SEKISUI. **Laminados PVB**. Catálogos. Disponível em: < <http://www.s-lec.eu/pt/> >. Acessado em: 24 de julho de 2008.
- SICHERI, E.P.; CARAM. R. M.; SANTOS, J.L.P. dos. Vidros. Autores diversos. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p 655 – 691. (Volume 1).
- SILVA, D. T. da. et al. IN: Estudo da Isolação Sonora em paredes e divisórias de diversas naturezas. IN: V Encontro Nacional do Ambiente Construído e II Encontro Latino – Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza – B.A. **Anais**. ENCAC / ANTAC, 1999.
- SILVA, V. G.: **“Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica”**. São Paulo, 2003 – Tese de Doutorado – POLI. 210p.
- SILVA, P. **“Acústica e Condicionamento de Ar”**. 4ªedição. Ed. Edtal E.T.Ltda, 2002. 283p.:il.

- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA (SOBRAC). **Revistas de acústica**. Disponível em: <<http://www.acustica.org.br/>>. Acessado em: 15 de junho de 2007.
- VALE, M. S. do. **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: Segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit**. 2006. 220f. Dissertação. (Mestrado em Racionalização do Processo de Construção) Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro: UFRS/FAU, Rio de Janeiro, 2006.
- VERONEZI, A. B. P. **Sistema de certificação da qualidade de edifícios de escritórios no Brasil**. 2004. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- VIANNA, N.S. “Acústica de Escritórios” – Apresentação / Palestra: Semana Corporativa – Câmara de Arquitetos e Consultores – 2006.
- VIEGAS, M. P. **Materiais isolantes de som utilizados na Construção**. Tese de concurso para provimento da Cadeira de Materiais de Construção – Estudo do Solo, da Faculdade Nacional de Arquitetura da Universidade do Brasil. Rio de Janeiro.1955.
- VIDROS para a arquitetura – Produtos especiais asseguram conforto aos ambientes. Revista **FINESTRA**. Edição 41. Mai. 2005.
- WALLWORKS. **Divisórias**. Catálogos. Disponível em: <<http://www.wallworks.com.br/>>. Acessado em: 01 de abril de 2008.
- WIELEWICKI, A. G.: As tipologias dos edifícios de escritórios e a sustentabilidade Brasil” - São Paulo, SP. 2002. p. 512-519. NUTAU'2002. **Anais**. Artigo Técnico.
- WIKIPÉDIA. Enciclopédia eletrônica. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/>>. Acessado em: 16 de Abr. 2008.

8- APÊNDICE



Entrevista I :

Márcio Grahl Júnior é arquiteto e urbanista pela Universidade Anhembi Morumbi. Atuou como arquiteto nas Empresas Isover Saint-Gobain, illbruck-Sonex e atualmente na Perfilor, pertencente ao grupo Arcelor-Mittal. Em todas atuando fortemente na área de conforto ambiental.

1- Durante sua atuação no mercado de especificação, venda e comercialização de forros acústicos, existe algum caso especial que você pôde acompanhar?

R: Sim, no Prédio da BASF, em São Paulo.

2- Qual era a situação do local e os problemas existentes e quais foram as soluções adotadas?

R: A Basf precisava acomodar centenas de pessoas em cada andar. Para isso, precisavam utilizar da alta tecnologia em tratamento acústico, visto que o projeto era de um escritório tipo “open plan”. A empresa escolheu o ILLTEC da ILLBRUCK como material de revestimento. É uma espuma à base de melamina microcelular expandida, cuja capacidade de absorção sonora é altíssima. Mas o material não era auto-portante, precisando ser colado em uma superfície rígida. Como deveríamos seguir o projeto de um forro removível, começamos a pesquisar um material que poderia servir de substrato. O isopor, barato e muito utilizado em diversas situações, foi reprovado para esse caso, por causa da baixa segurança ao fogo. Chegamos à conclusão que a melhor solução seria utilizar forro de fibra-mineral da própria illbruck como substrato. É um produto totalmente incombustível e também tinha performance acústica, com propriedades de isolamento também. Portanto, colando o ILLTEC de 30 mm de espessura num forro mineral de alta densidade, obtivemos uma performance acústica inigualável no ambiente, onde o forro proporcionou uma absorção que ultrapassa a marca de $NRC = 0,90$.

3- Você conhece algum material diferenciado, que ocupa o lugar de novo no mercado?

R: A Saint Gobain disponibiliza forros com lã de vidro importados da Suécia, da marca Ecophon. Porém, em alguns países da Europa, como a Alemanha, o uso da lã de vidro é um pouco restrito. (Disponível em www.ecophon-international.com)

A ISOVER, disponibiliza forros com um véu de vidro, conhecido como forro Prisma, de 15 a 25mm de espessura e NRC de 0,85 e também o ISOSOUND, com tecido de vidro branco ou véu de vidro preto, Onde o NRC chega à marca de 0,95, com 50mm de espessura, podendo ser aplicado em igual eficiência em forros e paredes.

Outro produto que vem cada vez mais conquistando os consultores e arquitetos são os forros de fibra mineral de alta performance. O forro COSMOS PLUS da ILLBRUCK possui NRC = 0,80.

4- Quais eram os materiais utilizados antes do forro mineral em edifícios de escritórios?

R: Na década de 70 e 80, era normal a utilização de forro de eucatex com perfurações. Os forros de lã de vidro da Isover também já eram utilizados, mas o acabamento era de PVC, fazendo com que a absorção acústica não fosse superior a 0,45. A lã de vidro e lã de rocha eram utilizadas principalmente em projetos industriais.

A partir da década de 90, com a entrada de produtos importados, houve uma melhora significativa do desempenho dos produtos, atrelado às novas opções de acabamento. Isto possibilitou a abertura do mercado e conseqüente utilização nos edifícios de escritórios. Nesta época os forros começaram a apresentar NRC's superiores a 0,55.

5- Existem recomendações de não pintar o forro mineral. Qual a sua experiência em relação a esta questão?

R: Estes forros (Isosound) existentes com tecido de vidro que podem receber pintura com tinta silk screen, uma tinta fina apropriada. Se aplicado sobre forros de NRC de

0,80, terão um resultado final de NRC de 0,70 aproximadamente. Assim, pintura sobre forro faz com que se perca a capacidade de absorção do produto. Portanto não é recomendado a pintura desses materiais de acabamento. Você certamente prejudicará a performance do produto e poderá comprometer a integridade física do material, visto que o mesmo absorverá umidade.

6- E se estas fossem pintadas diretamente na fábrica?

R: A meu ver, isto seria possível se encomendado à fábrica e em grande escala. Possibilidade existe, mas não existe demanda para isso, principalmente no Brasil, onde o consumo de forro removível anual pode ser suprida tranquilamente por menos de 1 mês de produção de uma fábrica de forros na Alemanha, por exemplo. No caso de forros pretos para cinemas, a alternativa é adicionar um véu de vidro preto no forro de fibra mineral, de lã de vidro ou de lã de rocha.

7- Quais demais propriedades que foram acrescentadas nestes materiais?

R: Hoje em dia, é possível encontrar forros que possuem uma melhor assepsia em relação ao local que será instalado. É o caso do Forro Hygiene, da ECOPHON que pode ser lavado, não penetra água e possui NRC de 0,85. A OWA, parceiro da ILLBRUCK, também fabrica um tipo de forro que é permitido que se passe um pano molhado e este forro apresenta NRC de 0,75 em média, chamado Clean Room ou Owa Lux.

8- E quanto ao sistema de instalação, quais são as suas recomendações?

R: Para que se obtenha o desempenho satisfatório total do conjunto é recomendado que se escolha perfis com boa resistência mecânica, com altura da alma de 32mm para que não haja danificações nas possíveis remoções.

Atualmente são mais especificados perfis do tipo T15 e T24, com pendurais, arame 10 com regulador.

Porém, em muitos casos, inclusive em edifícios de importante destaque, não se tem estes cuidados. Já presenciei casos em que foram utilizados arames comuns e o resultado final foram placas desalinhadas e fora de nível.

9- Um principal problema existente para o tratamento acústico destes espaços é o isolamento existente na fresta entre o forro e a divisória. Qual(is) solução(ões) você recomenda?

R: Existem casos em que a divisória permanecerá fixa e se assim for, esta deve ultrapassar o forro, alcançando o espaço do *plenum* até a laje. Desta maneira o som dificilmente ultrapassará para o espaço vizinho. Esta solução, no entanto só é viável quando você não precisa de flexibilidade de layout, pois a alteração da divisória vai implicar em alterações no forro.

Para espaços que exigem flexibilidade de layout, como acontece na maioria dos projetos, recomenda-se especificar um forro com um índice de Absorção de ruído maior, e que se faça um acabamento em gesso no encontro da divisória como o forro, selando as frestas existentes. Além disso, o gesso é um material que proporciona a reflexão do som para dentro do ambiente e é muito pouco absorvedor, fazendo com que o som ultrapasse o ambiente externo.

10- Hoje o que muito se faz em edifícios antigos é a utilização da técnica de retrofit.

Você conhece algum caso? Quais soluções e materiais foram utilizados?

R: Sim, conheço apenas um, que é o caso do edifício da Petrobrás, no Rio de Janeiro. Para garantir conforto térmico no ambiente, foram utilizadas placas de forro metálico perfuradas com sistema de resfriamento através de água gelada. Este sistema é popularmente conhecido como “forro gelado”, produzido pela “Ansett”. Para conseguir alguma diminuição do ruído neste espaço foi aplicado na parte superior desta placa, forro de fibra mineral encaixado sobre o forro metálico, no sistema CLIP-IN.

11- Quais foram os resultados obtidos?

R: Não tive conhecimento do resultado final obtido, mas acredito que não se obteve o total desempenho do produto, uma vez que, a absorção deu-se apenas nos locais de perfuração da placa metálica.

12- Pelo seu conhecimento de mercado e especificação, o que seria preciso fazer para que sempre haja disponíveis novos e melhores produtos?

R: É importante que os especificadores, no caso, engenheiros e arquitetos, exijam dos fornecedores os laudos e ensaios realizados em laboratórios, sem vínculo com a empresa, para assim ter em mãos a real qualidade do produto. Desta maneira, a concorrência entre os fabricantes será mais leal e assim estes poderão investir em novos produtos. E também, claro, com uma economia crescente, as possibilidades de investimentos em pesquisas para novos produtos irão aumentar.

13- Quais os cuidados que os profissionais devem ter na escolha de um forro?

R: Devem sempre estar atentos principalmente na performance acústica do forro, escolher um forro que permita limpeza onde haja necessidade (Hospitais, cozinhas etc) e que ofereça boa resistência mecânica, como os devidos tratamentos de bordas, quinas e placas com um todo.

Entrevista 2:

Marta de Albuquerque Kimura é arquiteta e urbanista e consultora técnica da Knauf AMF Forros do Brasil Ltda.

1- Qual o material do forro Symetra Gips? Este forro é geralmente utilizado em escritórios?

R: O forro Symetra Gips é em gesso acartonado modular. Note que a especialidade da Knauf AMF é fabricação de forro em fibra mineral modular, mas como opção temos esta linha em gesso acartonado. Este forro pode ser usado em todos os ambientes que necessitam aliar tratamento acústico com facilidade na manutenção, por ser removível, incluindo escritórios, escolas, hospitais, vestiários, banheiros, clínicas, restaurantes e em residências.

2- Qual o índice que mais é usado atualmente na escolha de um forro o NRC ou o α_w ?

R: Usualmente é solicitado o NRC como indicador da performance acústica do material pois é um valor médio. O α_w é considerado um índice mais fiel, pois consegue indicar os pontos importantes de absorção do material (melhor performance nas baixas, médias ou altas frequências). Deveria ser o índice indicador adotado, mas ainda hoje só os acústicos utilizam este índice.

3- O α_w significa o quanto de “som” o forro pode absorver? E o NRC é em porcentagem? Os que os diferenciam?

R: Como comentei com você anteriormente, o NRC é resultado de uma média da soma da performance de absorção de ruído em 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz. O α_w é baseado na comparação entre uma curva referencial padrão e a da performance do

material. Este α_w é uma média ponderada e indica onde o material testado tem melhor performance: se nas baixas ou médias ou altas frequências, ou mais de uma.

4- O que significa as letras “L” e “H” ao lado dos valores de α_w ?

R: Estas letras significam Low (baixo) and High (alto). No caso, baixa frequência e alta frequência.

5- Qual a diferença entre lã mineral e fibra mineral?

R: As lãs minerais são formadas por filamentos entrelaçados, fios entrelaçados que podem se soltar com o tempo, principalmente em ambientes de muita trepidação. Entre estes fios existe ar e funciona acusticamente da seguinte forma: o som passa pelas fibras, fazendo com que haja um trabalho mecânico, uma vibração e a onda sonora perde energia para voltar e assim o tempo de reverberação é mais controlado.

No caso da fibra mineral, o processo é chamado WETFELT, é uma massa úmida que passa por esteiras onde essa umidade é retirada, seguindo para os fornos e acabamentos finais.

A diferença é que a lã mineral é formada de filamentos soltos e entrelaçados e a fibra mineral é uma massa consistente, que não tem o mesmo perigo de soltar partículas como nas lãs.

Além do que a lã de vidro é muito mais leve do que a fibra mineral e geralmente necessita presilhas para fixação dos painéis para que eles não “Voem” quando do abrir e fechar de portas e janelas.

6- Aparentemente os forros THERMATEX Acoustic e o forro THERMATEX ALpha possuem o mesmo acabamento e a mesma espessura. O que os diferem para apresentarem NRCs e α_w tão diferentes?

R: Possuem densidades diferentes, quanto mais densos, mais isolante é o material, no caso do Thermatex dB Acoustic.

7- Qual a disponibilidade de entrega dos forros em todo o país? E no estado de São Paulo, tem diferença de uma região para outra? É necessária uma metragem quadrada mínima para fechar um pedido?

R: A AMF tem parceiros em todo o país. A comercialização é livre para cada parceiro.

8- Existem no país e/ou no estado de São Paulo mão-de-obra especializada para instalação de forros minerais? Como a AMF trabalha com esta questão? Ela disponibiliza mão-de-obra treinada?

R: Os parceiros é que oferecem a mão de obra. A AMF no Brasil não comercializa e nem instala o material. O papel da AMF no Brasil é administrativo, marketing e suporte técnico.

9- Um principal problema existente para o tratamento acústico de edifícios de escritório é o isolamento existente na fresta entre o forro e a divisória. Qual (is) solução (ões) você recomenda?

R: Existem vários elementos que fazem esta função como canaletas, cantoneiras, silicone, peças de fechamento no tamanho do vão, etc., depende do caso.

10-Pelo seu conhecimento de mercado e especificação, o que seria preciso fazer para que sempre haja disponíveis novos e melhores produtos?

R: É importante que os profissionais projetistas e especificadores se conscientizem da importância de atualização técnica e busquem trabalhar com os produtos de especificação pelas suas qualidades e não apenas pelo preço. Que os profissionais especificadores obriguem os fabricantes a apresentarem informações técnicas mais precisas, laudos técnicos, relatórios oficiais de órgãos como o IPT e outros de reconhecida responsabilidade.

E com a exigência de qualidade advinda dos profissionais especificadores, especialmente os novos, os fabricantes terão incentivos para buscar novos produtos de real e comprovada qualidade para oferecer ao mercado.

11-Quais os cuidados que os profissionais devem ter na escolha de um forro?

R: Performance técnica, estética, utilidade e flexibilidade, entre outros fatores.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)